D. BENABDESSELAM

ÉLECTRICITÉ AUTOMOBILE



E.D.C. OMEGA

Electricité Automobile

E.D.C. OMEGA : *Cité des Moudjahidine n° 32*
BEN AKNOUN - ALGER

Téléphone : *(02) 78.29.87*

Courrier : *Case postale 142 ROSTOMIA*
16011 - ALGER



I.S.B.N. 9961-925-06-8
Dépôt légal : 4e trimestre 1996

Table des matières

Chapitre 5 : Le démarreur

Chapitre 6 : L'allumage

Chapitre 7 : L'éclairage automobile

Chapitre 8 : Les accessoires

Avant-propos

L'automobile est la plus belle conquête de l'homme. Malheureusement, cette merveille qui réduit les distances et économise le temps se permet parfois quelques caprices pour nous rappeler toute sa délicatesse.

Cet ouvrage, destiné à un large public, est autant un recueil des principes de base du fonctionnement des moteurs qu'un répertoire des pannes les plus rencontrées sur les véhicules à essence et de la conduite à tenir devant chacune-d'elles. Tout y passe : de la batterie au circuit de charge, du démarrage à l'allumage, de l'éclairage aux accessoires, avec, en prime, quelques rappels d'électricité, d'électromagnétisme, d'électronique et de mécanique.

L'auteur, dont le souci majeur est de mettre entre toutes les mains un outil aussi complet que possible, vous invite, chers lecteurs, à lui faire part de vos remarques et suggestions à l'adresse de l'éditeur.

Chapitre 1

Notions d'électricité

1 - Généralités

Le courant électrique résulte du déplacement des électrons entre les bornes d'un générateur, d'une prise de courant ou d'une batterie d'accumulateurs.

Il existe deux types de courant :

- le courant continu : son amplitude reste constante dans le temps ;
- le courant alternatif : son amplitude varie dans le temps en fonction d'une loi mathématique. Un courant alternatif peut être sinusoïdal, carré, triangulaire, etc.

Par convention, le courant circule de la borne positive vers la borne négative.

Pour aller d'un pôle à un autre, les électrons ont besoin d'un support dit "conducteur" de courant.

Les conducteurs les plus utilisés sont le cuivre, le fer et l'aluminium.

Un matériau qui ne conduit pas le courant est dit isolant. Le verre, le bois et l'ébonite sont des isolants.

Certains corps ne sont ni conducteurs ni isolants. On les désigne par semi-conducteurs et sont à la base de

l'électronique moderne. Les plus connus d'entre eux sont le Silicium et le Germanium.

2 - Eléments de l'électricité

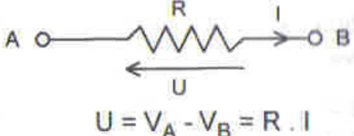
Les éléments de l'électricité classique sont :

- la résistance ;
- le condensateur ;
- la bobine.

2.1 - La résistance

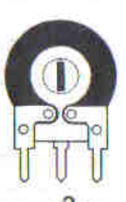
La résistance électrique d'un corps s'exprime en Ohms (Ω) et caractérise son opposition au passage du courant.

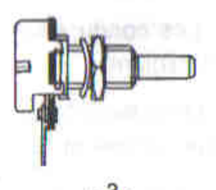
Un corps de résistance ohmique R, traversé par un courant d'intensité I, provoque une chute de tension à ses bornes de valeur U.



$$U = V_A - V_B = R \cdot I$$







-1- -2- -3-

Fig. 1 : Différents aspects des résistances.

Le corps d'une résistance porte en général quatre bandes de couleurs (fig. 2) représentant sa valeur ohmique et sa tolérance.

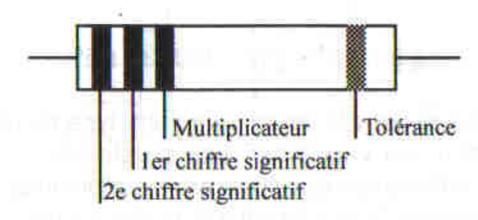


Fig. 2 : Marquage d'une résistance.

L'équivalence couleur/chiffre est donnée par la table de code des couleurs ci-après :

Couleur	***Chiffre correspondant***
Noir	0
Marron (Brun)	1
Rouge	2
Orange	3
Jaune	4
Vert	5
Bleu	6
Violet	7
Gris	8
Blanc	9

La bande de tolérance est de couleur ARGENT pour les résistance 10% et de couleur OR pour les 5%. Ainsi, une résistance codée ORANGE/BLANC/JAUNE/OR est une résistance de :

$$(\underline{3}\ \underline{9}).\ 10^{\underline{4}} \pm \underline{5}\% = 390\ K\Omega \pm 5\%$$

On découvre dans la figure 1 un autre type de résistances dites "résistances variables". Les ajustables (Fig.1.2) se rencontrent à l'intérieur des appareils électroniques, alors que les potentiomètres (Fig. 1.3) portent un axe qui permet de faire les réglages de l'extérieur des boîtiers.

2.2 - Le condensateur

Un condensateur est caractérisé par sa capacité électrique C exprimée en Faraday (F).

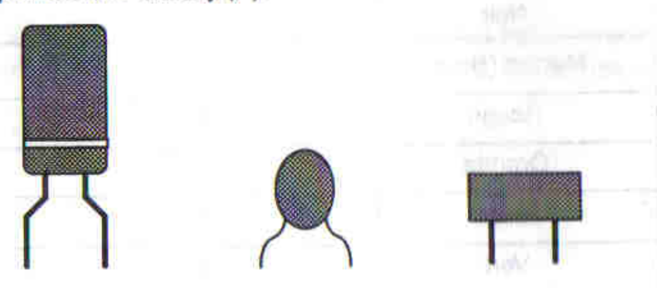
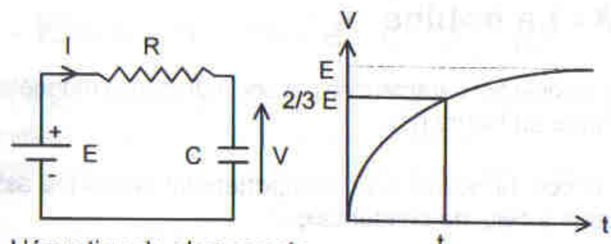


Fig. 3 : Quelques aspects des condensateurs.

2.2.1 - Charge d'un condensateur

Un condensateur est généralement utilisé pour emmagasiner de l'énergie. Cette charge se fait comme indiqué ci-après :



L'équation de charge est :

$$V = E\,(1 - e^{-t/\tau})$$

avec $\tau = R.C$ *(constante de charge)*

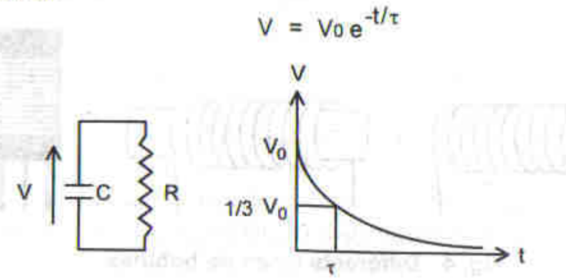
Le condensateur est considéré comme étant complètement chargé après un temps de charge $t = 5\tau$:

$$V = E\,(1 - e^{-5}) = 99\ \%\ E$$

2.2.2 - Décharge d'un condensateur

Un condensateur de charge initiale V_0, branché aux bornes d'une résistance R, se décharge dans cette dernière selon l'équation :

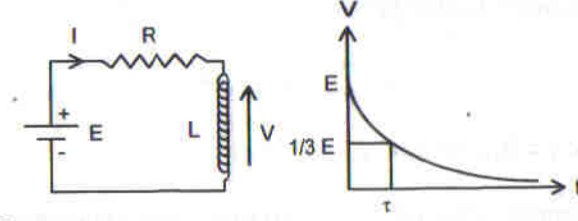
$$V = V_0\, e^{-t/\tau}$$



2.3 - La bobine

Une bobine est caractérisée par son inductance magnétique L exprimée en Henry (H).

En circuit, la bobine a un comportement électrique assez semblable à celui du condensateur.



Remarque

On ne parle jamais de charge ou de décharge d'une bobine. Ce phénomène est dû au champ magnétique qui s'établit au moment de la fermeture du circuit. Après un temps relativement court (≈ 5τ), la bobine se comporte exactement comme un court-circuit.

On constate, donc, que la bobine n'est pas d'une grande utilité en courant continu. C'est en alternatif qu'on en tire le plus grand profit.

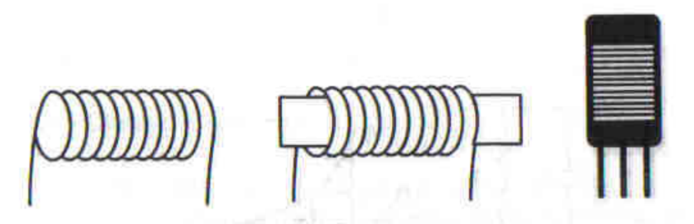


Fig. 4 : Différents types de bobines.

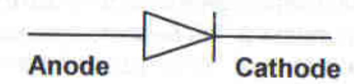
3 - Eléments de l'électronique

L'électricité moderne fait appel, en plus des résistances, condensateurs et bobines, à des éléments à base de semi-conducteurs. Les plus utilisés de ces éléments sont :

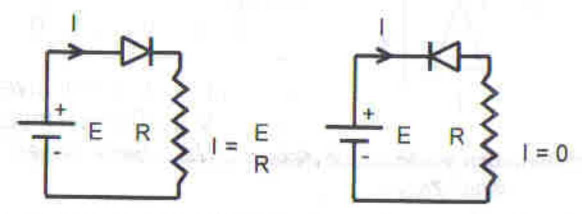
- les diodes ;
- les transistors ;
- les circuits intégrés.

3.1 - Les diodes

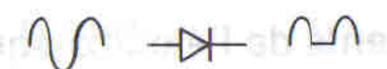
Une diode est composée d'une anode et d'une cathode. Schématiquement, elle est représentée par :



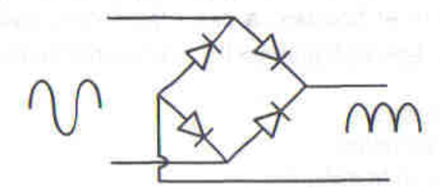
Son comportement électrique dépend essentiellement de la tension à ses bornes. Si cette différence de potentiel est positive, la diode est assimilée à un court-circuit. Si, par contre, elle est négative, aucun courant ne passe et l'on pourra l'assimiler alors à un circuit ouvert.



Cette particularité est utilisée pour redresser des tensions alternatives.



Redresseur simple alternance



Redresseur double alternance

La différence de potentiel minimale pour rendre une diode conductrice est de 0,7 volts pour les diodes au Silicium et 0,3 volts pour celles au Germanium.

Les diodes de redressement ne sont qu'un exemple d'exploitation de la technologie des diodes. En effet, il en existe d'autres types répondant à des besoins bien particuliers, telle la régulation de tension qui fait très souvent appel aux diodes Zener. Ces diodes présentent la particularité de se comporter en court-circuit lorsque leur tension inverse atteint un certain seuil dit "tension de claquage".

I V

$V < V_Z \rightarrow I = 0$

$V > V_Z \rightarrow I > 0$

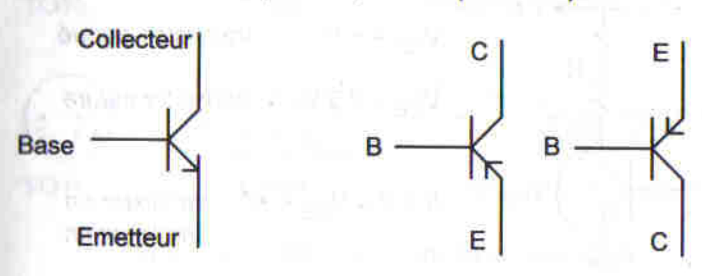
I : Courant Inverse
V : Tension Inverse
Vz : Seuil Zener

Représentation schématique de la diode Zener.

Remarque : en polarisation directe, une diode Zener se comporte comme une diode normale.

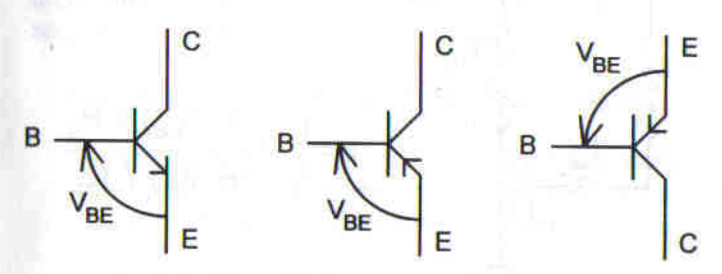
3.2 - Les transistors

Un transistor est constitué d'une base, d'un émetteur et d'un collecteur. Schématiquement, il est représenté par :



Transistor NPN ***Transistor PNP***

Le comportement électrique dépend en premier lieu de la différence de potentiel entre la base et l'émetteur. Cette tension doit être supérieure ou égale à 0,7 volts pour un transistor NPN et inférieure ou égale à - 0,7 volts pour un transistor PNP pour que ce dernier conduise.

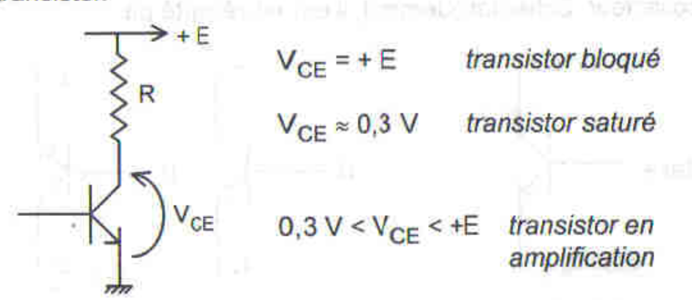


Un transistor est essentiellement caractérisé par :

- sa tension collecteur-émetteur.
- son gain statique β;

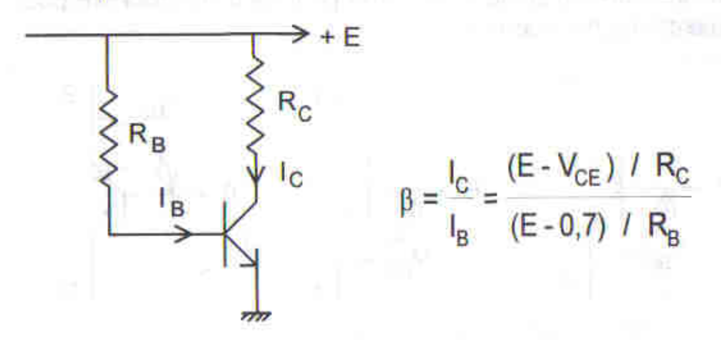
3.2.1 - La tension collecteur émetteur V_{CE}

Cette tension exprime le mode de fonctionnement du transistor.



3.2.2 - Le gain statique β

Aussi appelé gain en courant, β est le rapport entre le courant collecteur et le courant de base lorsque le transistor travaille en amplification.



$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{(E - V_{CE}) \ / \ R_C}{(E - 0,7) \ / \ R_B}$$

Tout comme les diodes, certains transistors sont spécialement conçus pour travailler dans des conditions bien spécifiques et l'on définit ainsi toute une classification selon les fonctions qu'ils remplissent.

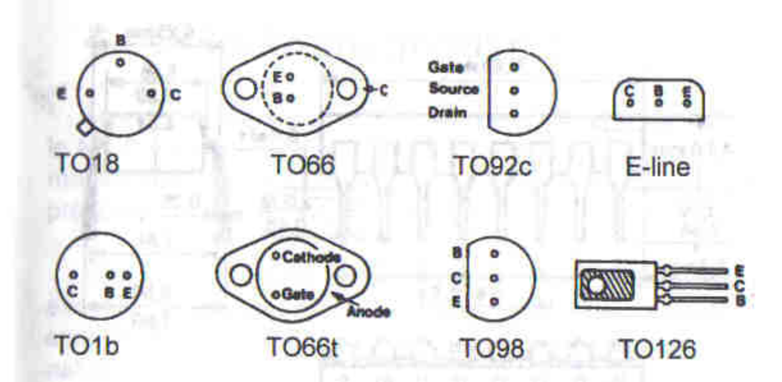


Fig. 5 : Exemples de boîtiers pour transistors.

3.3 - Les circuits intégrés

Un circuit intégré, souvent désigné par «PUCE», est une pastille de semi-conducteur sur laquelle sont «gravés» plusieurs transistors et qui remplit une fonction bien définie. Il comporte un nombre de broches pouvant aller au-delà de la centaine et se présente sous divers aspects (fig. 6).

Il existe deux principaux types de circuits intégrés :

- ***Les circuits TTL*** : circuits fonctionnant à 5 volts et délivrant des courants assez forts en intensité. Ces circuits sont surtout utilisés en électronique de puissance.

- ***Les circuits CMOS*** : aussi dits circuits à faible consommation, ils peuvent fonctionner sous des tensions allant jusqu'à 16 volts, mais l'intensité du courant délivré est extrêmement faible. Leur domaine d'utilisation par excellence est l'électronique numérique.

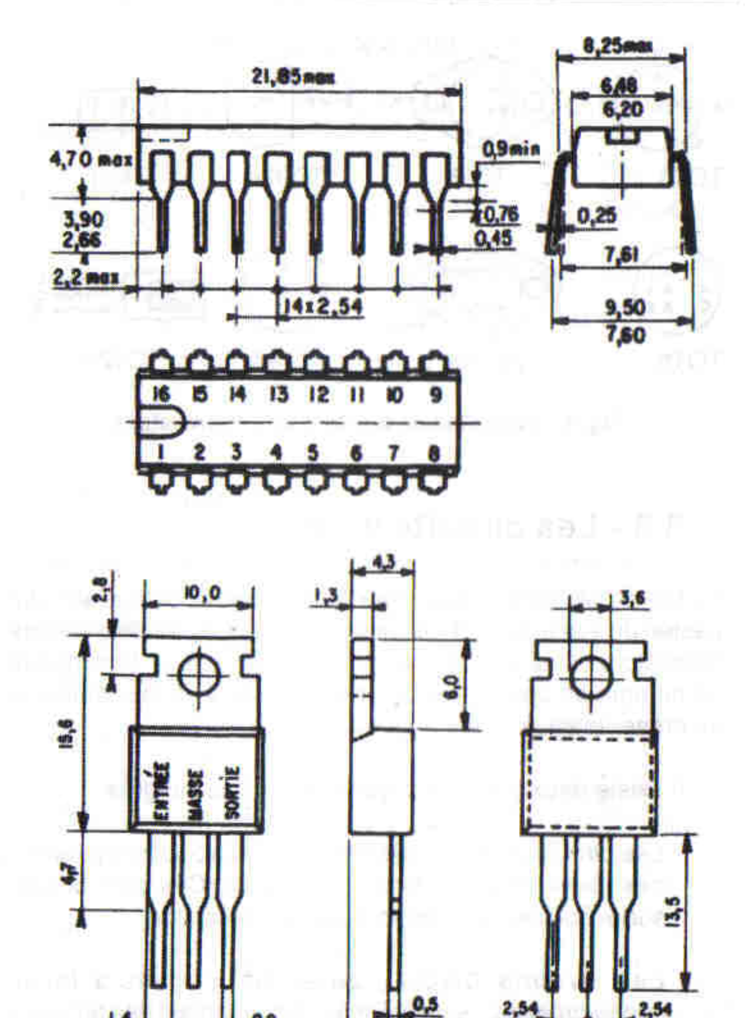
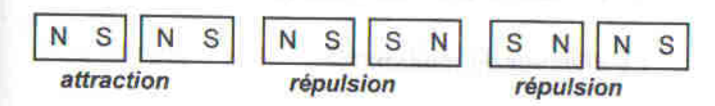


Fig. 6 : Principaux types de boîtiers pour circuits intégrés.

4 - L'électromagnétisme

Le magnétisme est la propriété de certains minerais à attirer le fer. C'est une sorte de force dont le principal agent est le mouvement des électrons dans la matière. Un corps qui présente cette particularité est dit aimant.

Un aimant dispose de deux pôles : Nord et Sud. Deux aimants placés côte à côte s'attirent si les pôles rapprochés sont de natures différentes et se repoussent s'ils sont de même nature.



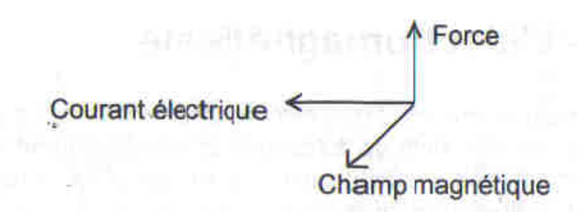
L'électromagnétisme est le terme utilisé pour décrire les phénomènes mettant en jeu un courant électrique et un champ magnétique. En effet, on a remarqué que :

1 - si un conducteur est parcouru par un courant électrique, il se crée autour de lui un champ magnétique ;

2 - si un conducteur se trouve à l'intérieur d'un champ magnétique, il se crée en lui un courant électrique.

La première remarque est à la base de tous les moteurs électriques, les alternateurs et les dynamos. La seconde est exploitée par les transformateurs de tension et les bobines d'allumage. Nous reviendrons sur ces deux points précis un peu plus loin dans cet ouvrage.

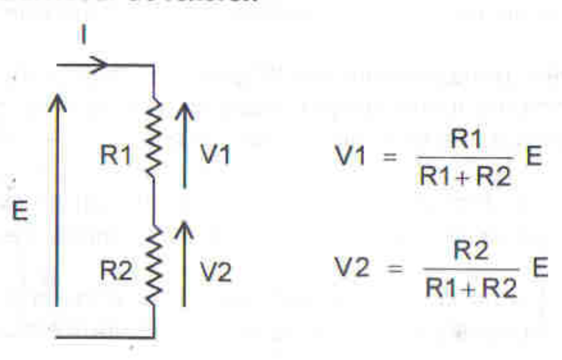
Bien évidement, un champ magnétique suppose toujours l'existence d'une force dont le sens est donné par la figure ci-après.



5 - Principales lois de l'électricité

5.1 - Lois de Kirchhoff

Le diviseur de tension



$$V1 = \frac{R1}{R1+R2}E$$

$$V2 = \frac{R2}{R1+R2}E$$

Le diviseur de courant

I R1 I1

R2 I2

$$I1 = \frac{R2}{R1+R2}I$$

$$I2 = \frac{R1}{R1+R2}I$$

5.2 - Association de résistances

Un circuit comportant plusieurs résistances peut être assimilé à un circuit comportant une seule et unique résistance dite «résistance équivalente».

Association série

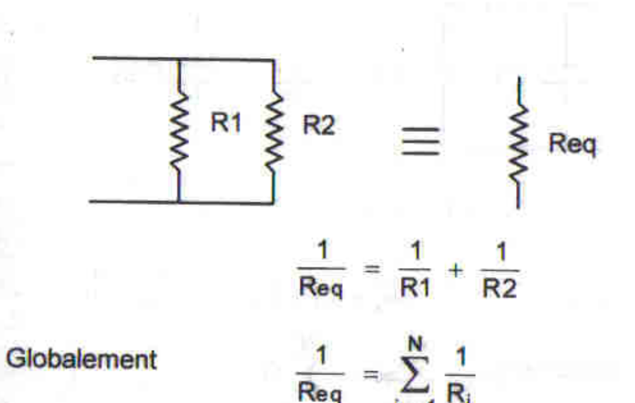
R1 R2 ≡ Req

Globalement

$$Req = R1 + R2$$

$$Req = \sum_{i=1}^{N} R_i$$

Association parallèle



$$\frac{1}{Req} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

Globalement

$$\frac{1}{Req} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{R_i}$$

5.3 - Association de condensateurs

Association série



$$\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

Globalement $$\frac{1}{Ceq} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{C_i}$$

Association parallèle

$$Ceq = C1 + C2$$

Globalement $$Ceq = \sum_{i=1}^{N} C_i$$

6 - Principaux symboles utilisés en électricité automobile

	Générateur de courant alternatif		Pompe à essence électrique
	Générateur de courant continu		Résistance
	Moteur à courant alternatif		Résistance variable
	Moteur à courant continu		Potentiomètre
	Diode		Bobine
	Diode Zener		Bobine avec noyau
	Transistor bipolaire NPN		Condensateur
	Transistor bipolaire PNP		Condensateur électrolytique
	Bougie d'allumage	12 V	Batterie d'accumulateurs
	Feu de position, clignoteur		Voltmètre
	Avertisseur		Ampèremètre
	Phare		Ohmmètre

	Croisement de conducteurs sans connexion
	Croisement de conducteurs avec connexion
	Contact ouvert
	Contact fermé
	Contact de commutation
	Conducteur blindé
	Courant continu
	Courant alternatif
	Sens du courant
	Sens sortant
	Sens entrant
	Masse
	Terre
	Fusible
	Lampe
	Lampe de contrôle

Chapitre 2

Rappels sur les moteurs

1 - Le moteur à essence

Le moteur à essence, aussi dit à explosion, tire sa puissance de l'inflammation d'un mélange gazeux (essence + air) dans la chambre de combustion.

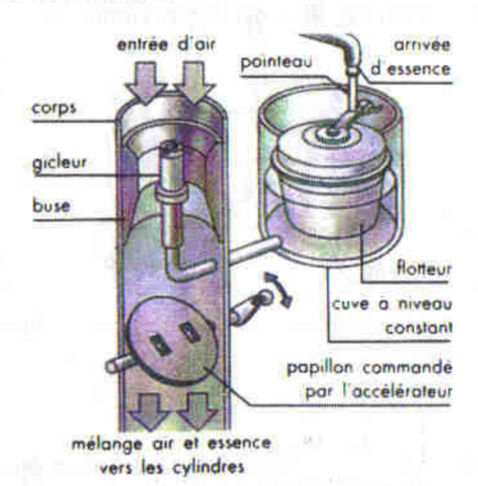


Fig. 1 : Admission du melange air + essence dans la chambre de combustion.

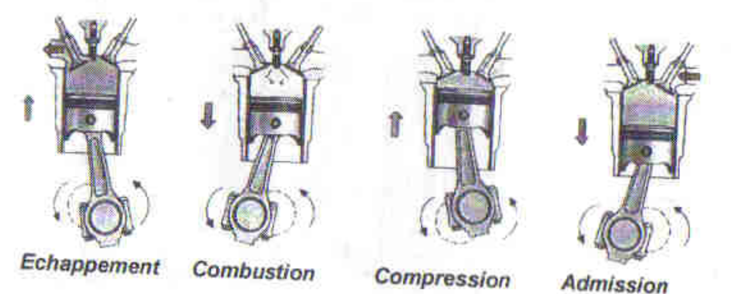
L'opération de conversion de l'énergie calorifique née de la combustion du mélange air + essence en énergie mécanique (rotation du moteur) s'effectue en quatre temps:

1 - L'admission : la soupape d'admission s'ouvre. Le piston passe du PMH[1] (Point Mort Haut) vers le PMB[2] (Point Mort Bas) et aspire un mélange gazeux (air + essence) dans le cylindre.

2 - La compression : la soupape d'admission se ferme. Le piston passe du PMB au PMH et comprime le mélange gazeux.

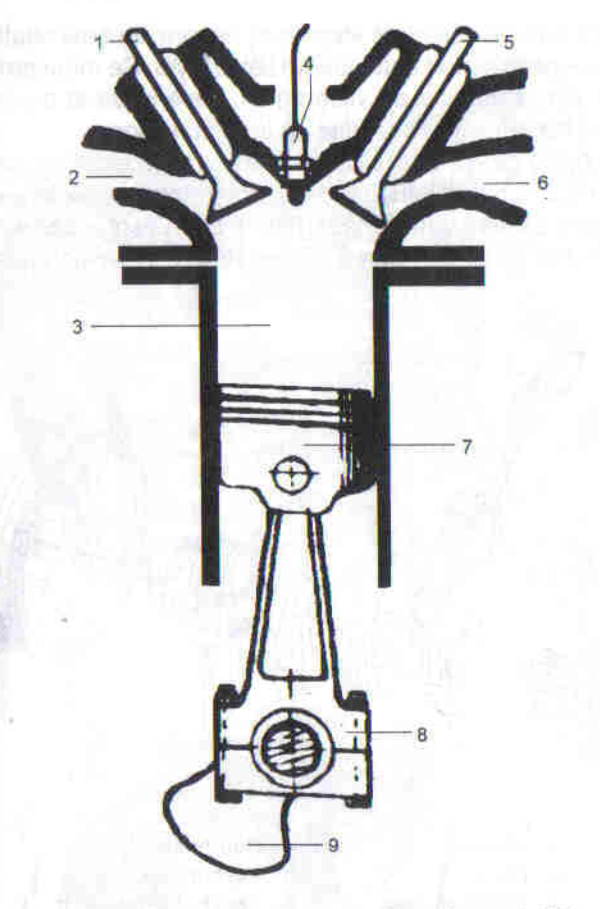
3 - La combustion : le mélange gazeux ayant atteint sa compression optimale, une bougie provoque son inflammation en y envoyant une étincelle. La grande pression, née de la combustion, exerce une force qui pousse le piston vers le PMB.

4 - L'échappement : la soupape d'échappement s'ouvre. Le piston passe du PMB au PMH et chasse les gaz brûlés hors du cylindre, et le cycle recommence.



1 - PMH : Le plus haut niveau atteint par le piston dans la chambre de combustion.

2 - PMB : Le plus bas niveau atteint par le piston dans la chambre de combustion.

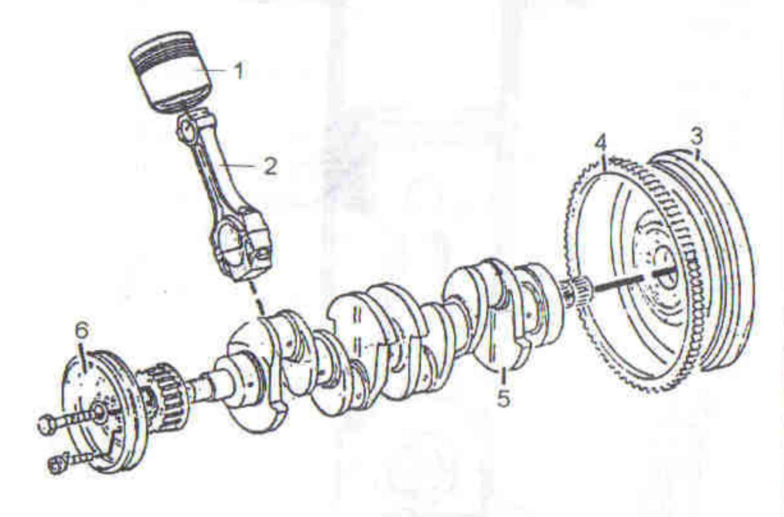


1 - soupape d'admission
2 - entrée mélange gazeux
3 - chambre de combustion
4 - bougie
5 - soupape d'échappement
6 - sortie gaz brûlés
7 - piston
8 - bielle
9 - vilebrequin

Fig. 2 : Principaux éléments d'un moteur à explosion

Dans le cycle que nous venons de décrire, tout est relatif au mouvement du piston entre le PMH et le PMB. Ce mouvement, assuré par la rotation du vilebrequin, dépend de la pression exercée sur le piston à la suite de la combustion.

Ce qui se passe en réalité est que cette force qui pousse le piston vers le bas (PMB) ramène, en même temps, le piston d'un autre cylindre vers le haut (PMH). Le mélange gazeux s'y trouvant est ainsi comprimé et une autre combustion a lieu.



1 - Piston
2 - Bielle
3 - Volant moteur
4 - Couronne
5 - Vilebrequin
6 - Poulie d'alternateur

Fig. 3 : Equipage mobile.

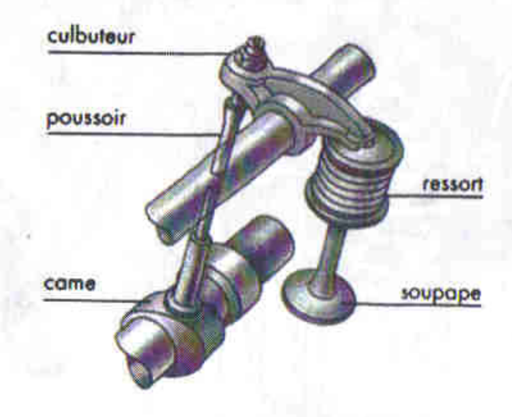
Un moteur à explosion comporte en général quatre cylindres dont l'ordre d'allumage est 1-3-4-2. La figure en page 28 montre les positions relatives des pistons à l'intérieur des cylindres.

Fig. 4 : Vue détaillée d'un moteur à essence.

L'ordre d'allumage pour les moteurs 6 et 8 cylindres est le suivant :

6 cylindres : 1-5-3-6-2-4 ou 1-2-3-6-5-4
8 cylindres en ligne : 1-6-2-5-8-3-7-4
8 cylindres en V : 1-8-3-6-7-2-5-4

L'ouverture et la fermeture des soupapes est commandée par l'arbre à cames, entraîné par le vilebrequin via un jeux d'engrenage. La vitesse de l'arbre à cames est égale à la moitié de celle du vilebrequin.

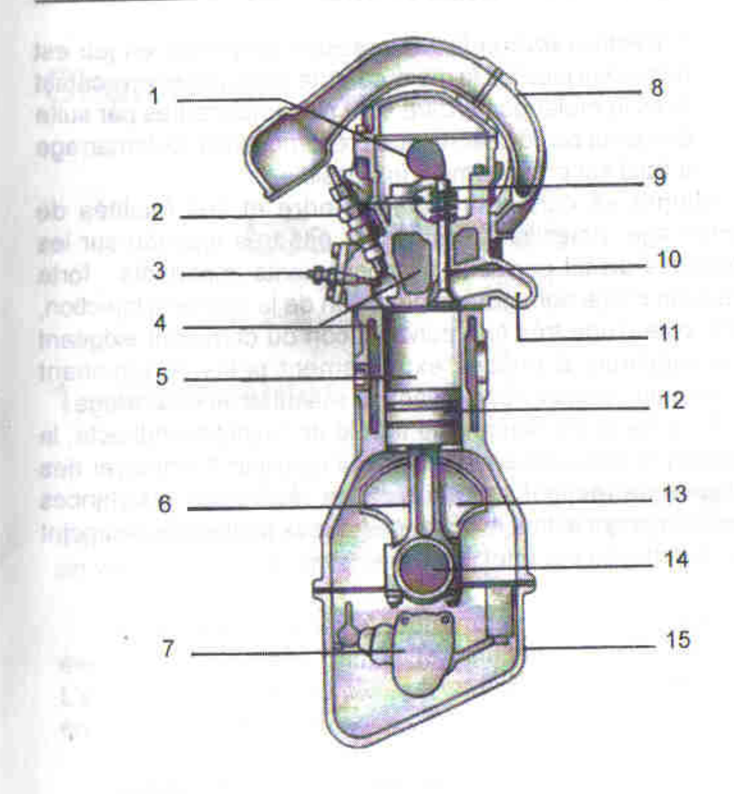


2 - Le moteur diesel

Le moteur diesel se distingue par l'allumage sous pression d'un mélange carburé constitué d'air et de gazole.

Comme pour le moteur à essence, il existe en théorie deux types d'injections pour le moteur diesel :

- ***l'injection directe*** : le mélange gazeux est injecté sous forte pression dans une chambre de combustion très compacte pour réduire au maximum les surfaces en contact avec le mélange carburé et faciliter l'allumage.



1 - Arbre à cames
2 - Injecteur
3 - Bougie de préchauffage
4 - Eau de refroidissement
5 - Cylindre
6 - Bielle
7 - Pompe à huile
8 - Collecteur d'admission
9 - Culbuteur
10 - Soupape
11 - Collecteur d'échappement
12 - Piston
13 - Vilebrequin
14 - Maneton de vilebrequin
15 - Carter d'huile

Fig. 5 : Vue en coupe d'un moteur diesel.

- ***l'injection indirecte*** : la pression d'injection en jeu est beaucoup plus faible mais, comme les surfaces en contact avec le mélange carburé sont plus importantes par suite de transit par la chambre de précombustion, le démarrage à froid est pratiquement impossible.

Malgré sa consommation moindre et ses facilités de démarrage, l'injection directe n'est pas très répandu sur les véhicules diesel par suite d'inconvénients importants : forte pression d'injection, grande précision de la pompe à injection, nécessité d'une très fine pulvérisation du carburant exigeant des injecteurs à orifices extrêmement petits se bouchant facilement, moteur très bruyant au ralenti et au démarrage.

Pour palier au démarrage à froid de l'injection indirecte, la solution la plus utilisée est celle qui consiste à employer des bougies de réchauffage qui sont en réalité des résistances électriques qui aident le mélange gazeux à atteindre son point d'inflammation par effet joule.

Chapitre 3

Les batteries

1 - Généralités

Une batterie d'accumulateurs est un dispositif qui permet d'emmagasiner de l'énergie électrique, sous forme chimique, en vue d'une utilisation ultérieure.

Une batterie est, en général, constituée de deux (02) électrodes plongées dans une solution dite «électrolyte». L'ensemble (électrodes/électrolyte) est enfermé dans un bac en ébonite, matériau isolant et imperméable.

Il existe deux types de batteries :

- les batteries au plomb ;

- les batteries alcalines.

2 - Les batteries au plomb

Ce sont, de loin, les batteries les plus utilisées en automobile.

2.1 - Constitution

Une batterie au plomb est ainsi appelée, car ses électrodes sont à base de plomb. L'électrolyte est, dans ce cas, de l'acide sulfurique dilué dans de l'eau distillée.

Une batterie d'automobile est, en réalité, constituée de 3, 6 ou 12 batteries élémentaires ou «éléments de batterie».

Un élément (figure 1) comporte deux groupes de plaques (positives et négatives) entrelacées. Les plaques positives forment l'électrode positive et les plaques négatives forment l'électrode négative. La différence de potentiel entre ces deux électrodes est de deux (02) volts.

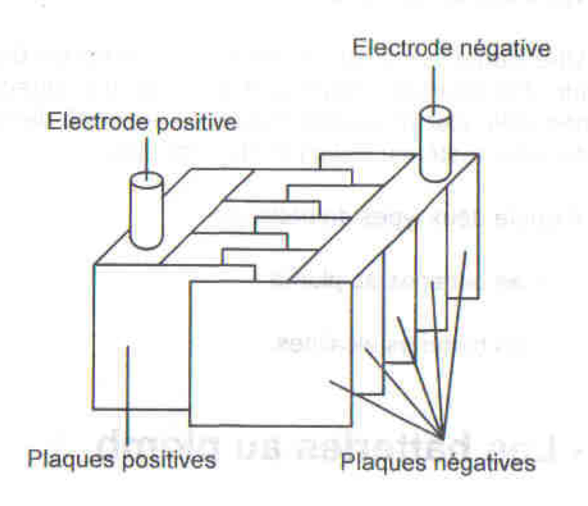


Fig. 1 : Elément de batterie.

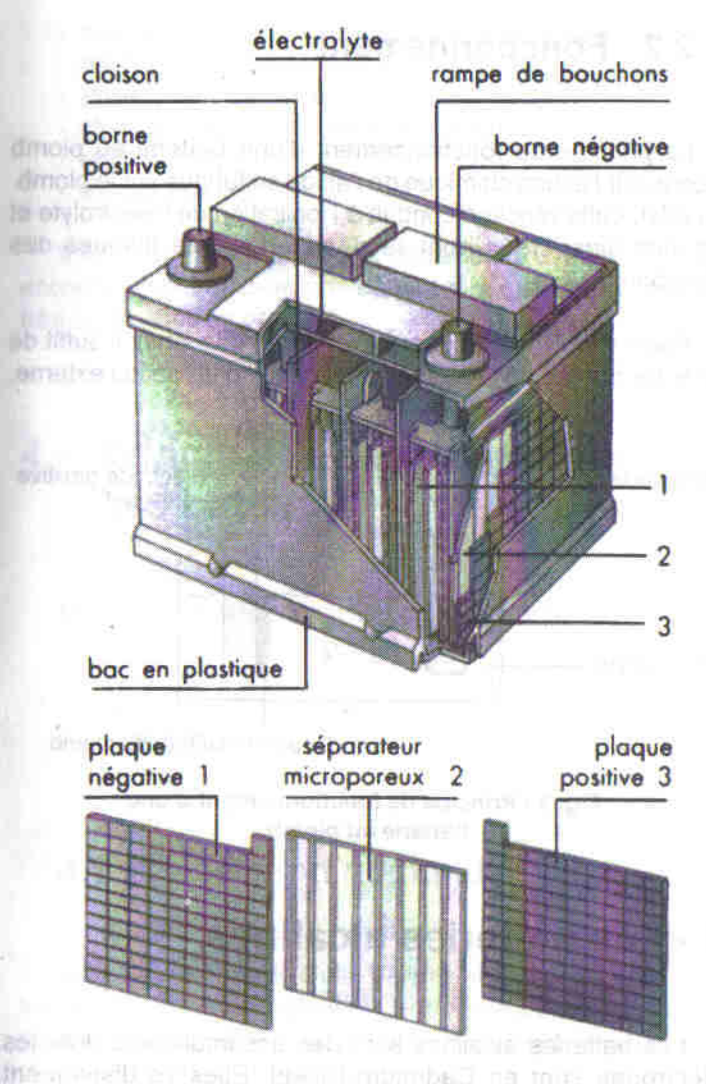


Fig. 2 : Vue éclatée d'une batterie.

2.2 - Fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'une batterie au plomb repose sur l'action chimique de l'acide sulfurique sur le plomb. En effet, cette réaction conduit à l'ionisation de l'électrolyte et les ions ainsi créés iront se déposer sur les plaques des électrodes.

Pour recueillir cette énergie (charges des ions), il suffit de relier les bornes de la batterie à un circuit d'utilisation externe.

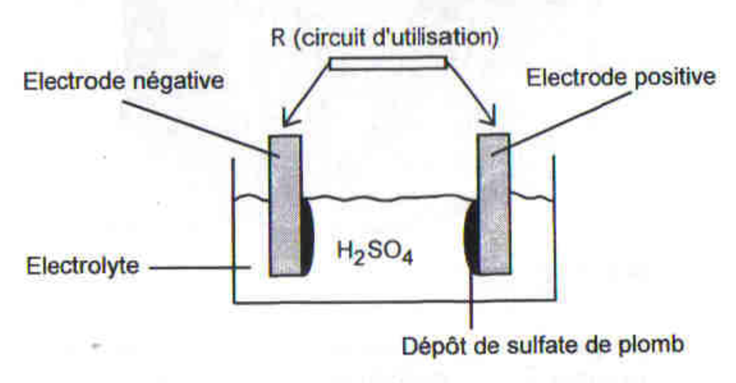


Fig. 3 : Principe de fonctionnement d'une batterie au plomb.

3 - Les batteries alcalines

Les batteries alcalines sont des accumulateurs dont les électrodes sont en Cadmium-Nickel. Elles se distinguent par :

- une capacité de charge de 50% plus grande par unité de poids des plaques ;
- absence de sulfatation ;
- charge pratiquement sans surveillance ;
- légèreté ;
- robustesse.

Malheureusement, leur prix de revient élevé et l'important encombrement qu'elles provoquent font qu'elles ne sont pas très employées en pratique.

4 - Principales caractéristiques des batteries

Une batterie est essentiellement caractérisée par :

- sa tension nominale ;
- sa capacité nominale ;
- son rendement.

4.1 - La tension nominale

La tension nominale d'une batterie est l'expression en volts de la différence de potentiels entre ses bornes positive et négative. Cette caractéristique est directement liée au nombre d'éléments dont elle se compose.

En effet, une batterie à 12 éléments présente une tension nominale de 24 volts, alors qu'une autre à 3 éléments ne présente que 6 volts entre ses bornes.

4.2 - La capacité nominale

La capacité nominale d'une batterie exprime sa capacité à produire un courant d'intensité donnée durant un temps de décharge donné.

Une batterie dont la capacité nominale est de 60 Ah (Ampère-heure) peut fournir un courant de :

- 1 A pendant 60 heures ;
- 3 A pendant 20 heures ;
- 6 A pendant 10 heures ;
- 10 A pendant 6 heures.

4.3 - Le rendement

Le rendement d'une batterie exprime le rapport entre l'énergie fournie à la batterie lors de sa charge et celle qu'elle nous restitue durant son utilisation (décharge).

Ce rendement, de l'ordre de 75 % dans des conditions d'utilisation normales, est cependant fortement tributaire :

- du taux de décharge ;
- de la température d'utilisation.

Le taux de décharge

Le taux de décharge est en relation directe avec le courant de décharge. En effet, si l'intensité de ce courant est trop forte (cas des courts-circuits), les réactions chimiques sont amenées à saturation avant que l'électrolyte n'ait eu le temps d'attaquer en profondeur les plaques des électrodes, ce qui réduit considérablement le rendement énergétique global.

La température d'utilisation

Toute réaction chimique dépend de la température à laquelle elle se déroule. A titre d'exemple, et en prenant comme référence l'efficacité d'une batterie à la température normale (25°C), cette efficacité est de moitié moindre à -20° C.

5 - Entretien, pannes et réparation

5.1 - Entretien des batteries

L'entretien d'une batterie demande juste un peu d'attention. Les conseils ci-après sont cependant à observer avec la plus grande rigueur.

1 - Surveiller régulièrement la densité de l'électrolyte et n'utiliser que de l'eau distillée pour le remettre à niveau.

2 - Toujours éponger les débordements d'électrolyte sur le couvercle avec un chiffon imbibé de soude ou d'ammoniac.

3 - En cas de sulfatation, démonter les cosses et les gratter. Gratter aussi les pôles de la batterie et, après avoir remonté les connexions en place, les protéger avec de la vaseline.

4 - S'assurer que la batterie est solidement fixée dans son coffre.

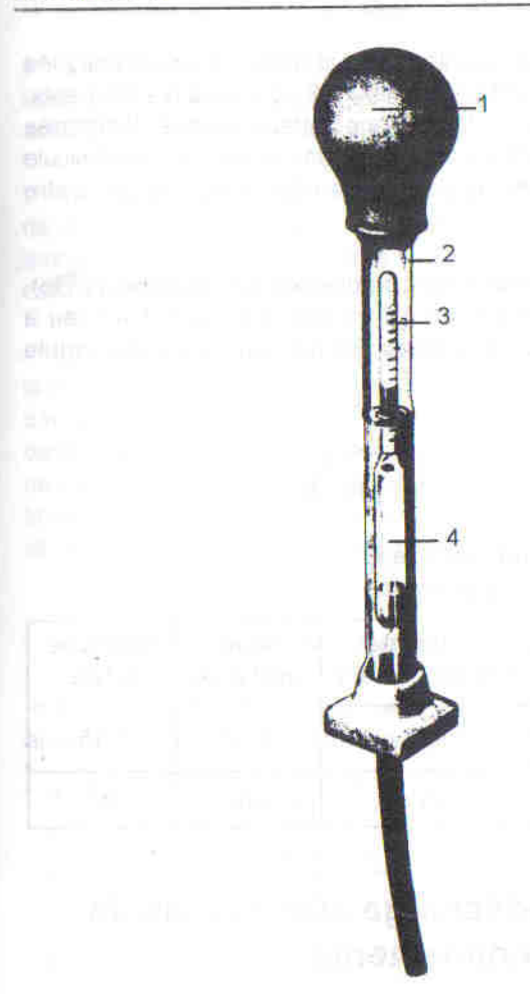
5.2 - Pannes relatives à l'électrolyte

En dehors de la sulfatation, le seul moyen de savoir si la batterie est responsable d'une panne (refus de démarrage) est de mesurer la densité de son électrolyte. Cette opération fait appel au densimètre représenté en figure 4.

Son utilisation consiste à plonger le tube d'aspiration en caoutchouc dans un élément de la batterie et de ramener, grâce à la poire de pression, une quantité d'électrolyte dans la pipette en verre. L'aréomètre va alors plonger plus ou moins profondément en fonction de la densité de cet électrolyte.

Relever la valeur indiquée par l'aréomètre et refaire la même opération avec tous les autres éléments de la batterie.

Remarque : il est indispensable de garder le densimètre en position verticale et de remettre, après lecture, l'électrolyte prélevé dans la batterie.



1 - Poire ; 2 - Pipette ; 3 - Graduations ; 4 - Aréomètre

Fig. 4 : Le densimètre

Si la batterie est complètement chargée, la valeur indiquée par le densimètre est voisine de 1,28 pour tous les éléments. Cette valeur chute à 1,22 pour une batterie à moitié déchargée et à 1,15 si la batterie est totalement déchargée. Sur un véhicule régulièrement utilisé, la densité de l'électrolyte est de l'ordre de 1,25.

Certains densimètres sont gradués en degrés Baumé (°Be). Pour obtenir la densité de l'électrolyte par rapport à l'eau à partir d'une valeur en degrés Baumé, on utilise la formule suivante :

$$d = \frac{145}{145 - D}$$

d : densité par rapport à l'eau
D : densité en degrés Baumé

	Charge complète	Charge de fonctionnement	demi-décharge	décharge totale
d	1,28	1,25	1,22	1,15
D	32°	29°	26°	19°

5.3 - Autodécharge et décharge de fonctionnement

L'autodécharge d'une batterie survient au bout de trois mois d'inactivité (arrêt au garage). Elle est due aux interactions chimiques entre les plaques des électrodes et l'électrolyte.

Cette décharge peut aussi être due à des courts-circuits internes ou externes (mauvais entretien) et est plus ou moins accélérée par la température selon qu'elle monte ou baisse.

La décharge de fonctionnement survient normalement après de longs mois d'utilisation. Elle peut aussi survenir suite à un usage abusif des accessoires (autoradio, éclairage) ou de démarrages trop fréquents.

En effet, la batterie n'est en général sollicitée que pendant la phase de démarrage du véhicule et l'énergie prélevée par le démarreur est restituée par l'alternateur ou, sur les anciens véhicules, la dynamo. Mais si on lui demande davantage qu'elle ne peut fournir ou qu'on ne laisse pas au véhicule le temps de la recharger, alors, la batterie finit par se décharger totalement et un test, au densimètre, confirmera le diagnostic.

5.3.1 - Recharge des batteries

La recharge d'une batterie fait appel à un appareil justement appelé "chargeur de batterie" dont le synoptique est le suivant :

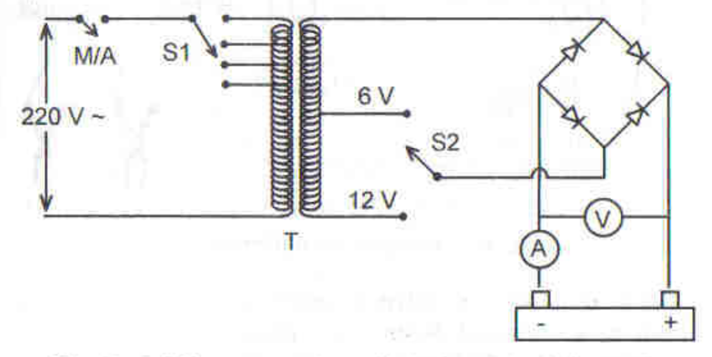


Fig. 5 : Schéma synoptique d'un chargeur de batterie.

On y découvre :

- un interrupteur M/A de mise sous tension ;
- un commutateur S1 de calibrage du courant de charge ;
- un ampèremètre A indiquant l'intensité du courant de charge ;
- un commutateur S2 de sélection de la tension de sortie ;
- un voltmètre V indiquant la tension de sortie ;
- un transformateur T permettant de ramener le 220 volts alternatif du secteur vers 12 volts alternatif ;
- un circuit à base de quatre diodes pour la conversion du courant alternatif en courant continu.

Cet appareil (le chargeur) se présente généralement sous l'aspect indiqué ci-après :

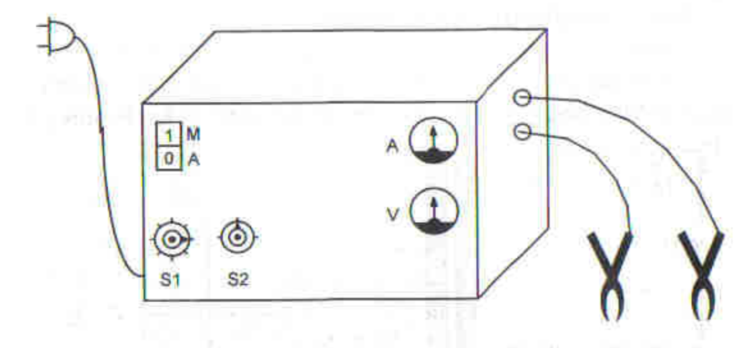


Fig. 6 : Chargeur de batteries.

5.3.2 - Différents modes de chargement

Il existe trois modes de chargement des batteries :

- la charge totale normale ;
- la charge d'appoint ;
- la charge d'entretien.

La charge totale normale

La charge totale normale est le mode de charge utilisé lorsque la batterie est totalement déchargée (d = 1,15).

Avant d'exposer les détails de cette méthode, il convient de rappeler deux choses :

- la capacité nominale : énergie que peut délivrer la batterie;
- le rendement : rapport de l'énergie fournie à celle reçue.

Ce qui revient à dire, en appelant X l'énergie fournie à la batterie pendant sa charge, que :

$$\frac{C}{X} = 75\ \% = \frac{3}{4} \quad \text{ou} \quad X = \frac{4}{3}C$$

Autrement dit, une batterie de 90 Ah, doit être chargée à 120 Ah. Cette charge va se faire en deux tranches :

1re tranche : charger pendant 10 heures avec un courant d'intensité constante I = C/10. A la fin de cette tranche, la batterie va se mettre à bouillonner avec dégagement gazeux.

2[e] tranche : réduire de moitié l'intensité du courant de charge et continuer l'opération pendant 6 heures.

Remarques :

1 - Avant de commencer la charge, enlever toujours les bouchons de remplissage pour permettre aux gaz de s'échapper.

2 - Le dégagement gazeux, produit de l'électrolyse de l'eau, est hautement explosif. Eviter de produire la moindre étincelle (cigarette, chalumeau...).

3 - La température de l'électrolyte ne doit en aucun cas dépasser 40° C.

Bilan de charge

Tranche 1 : X1 = (intensité x durée)
= I1 x 10 = C/10 x 10 = C

Tranche 2 : X2 = I2 x 6 = C/20 x 6 = 3/10 C

Charge totale : X = X1 + X2 = 13/10 C ≈ 4/3 C

Durée de charge = tranche1 + tranche 2 = 16 heures

La charge d'appoint

C'est la méthode de charge conseillée lorsque la voiture a des difficultés à démarrer et qu'une vérification de l'électrolyte révèle une densité voisine de 1,24.

Ce mode permet de charger la batterie avec juste assez d'énergie pour que le véhicule démarre. Elle se résume à envoyer un courant de très forte intensité (≈ 80 A) pendant un temps relativement court (moins d'une heure).

La charge d'entretien

La charge d'entretien consiste à soumettre la batterie, tous les trois mois environ, à un courant d'intensité de 1 ou 2 ampères pendant quelques heures (pourquoi pas le soir, entre la fin de la journée de travail et le moment d'aller se coucher?).

Ce mode de charge est dit "d'entretien", car il permet, en plus de compenser les pertes dues à l'autodécharge, l'autoradio et la climatisation, de garder une charge assez importante entre les plaques pour réduire le taux de sulfatation et porter ainsi la durée de vie de la batterie au-delà des 2 à 3 ans habituels.

Chapitre 4

Le circuit de charge avec alternateur

1 - Généralités

Un circuit de charge est un dispositif qui permet de :

— restituer à la batterie l'énergie prise par le démarreur ;
— garder constamment aux bornes de la batterie une tension suffisante ;
— alimenter le véhicule en énergie électrique aussi longtemps que le moteur tourne.

Ces dispositifs, dits générateurs dynamiques, transforment l'énergie mécanique du moteur en énergie électrique. Il en existe principalement deux types : la dynamo et l'alternateur.

Les progrès technologiques aidant, l'alternateur est devenu, et de loin, le maître incontesté des circuits de charge.

2 - L'alternateur

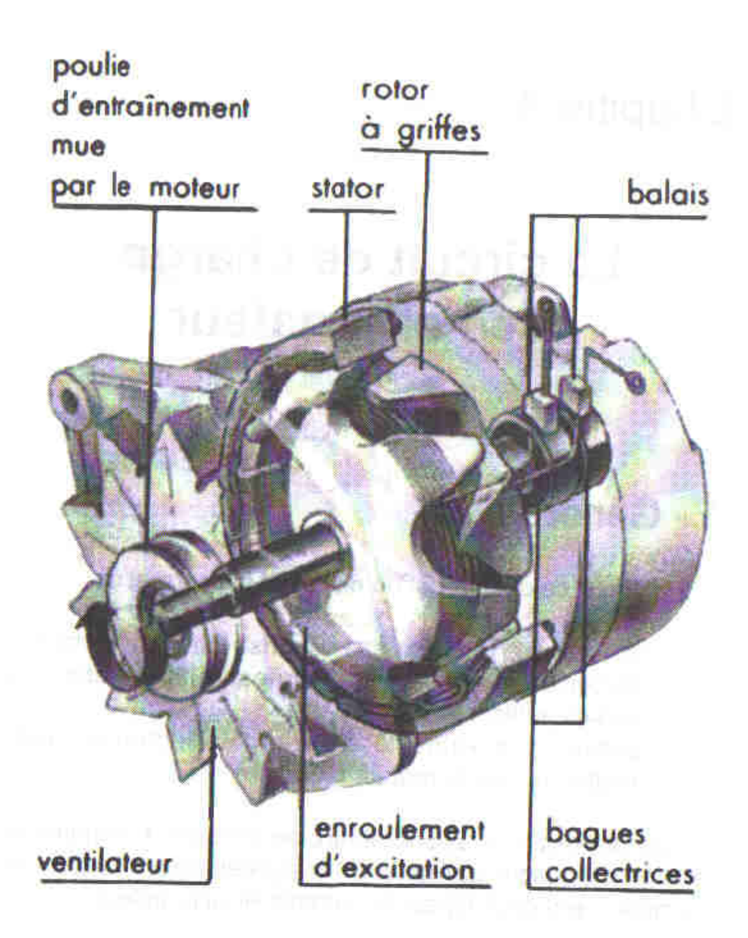


Fig. 1 : Vue d'ensemble d'un alternateur.

Un alternateur (fig. 1) est essentiellement constitué de :

- ***un circuit inducteur :*** c'est le rotor de l'alternateur. Il est composé d'un noyau ferromagnétique comportant 8 ou 12 pôles et sur lequel est disposé un enroulement concentrique.
- ***un circuit d'induit :*** c'est le stator de l'alternateur. Il se compose d'un cylindre creux à base de tôles minces avec des encoches pour abriter les enroulements de fils électriques.
- ***un circuit de redressement :*** circuit statique à base de diodes semiconductrices.
- ***un régulateur de tension :*** dispositif électronique ou électromagnétique de contrôle de charge.

3 - Principe de fonctionnement

Moteur à l'arrêt : La diode d'isolement et l'interrupteur K déconnectent l'alternateur de la batterie *(figure 2)*.

Moteur en marche : L'interrupteur K se ferme (contact) et la batterie alimente le circuit inducteur via la résistance d'amorçage. La lampe témoin s'allume. Le circuit d'induit délivre alors une tension sinusoïdale dont le module est proportionnel à la vitesse de rotation du moteur. Cette tension, redressée par les diodes D1, D2, ... D6, va polariser en direct la diode d'isolement. Cette dernière rentre en conduction et ceci aura pour conséquences :

— la résistance d'amorçage est court-circuitée ;

— la lampe témoin s'éteint ;
— l'inducteur n'est plus alimenté par la batterie, mais par le circuit d'induit lui-même ;
— la tension redressée étant supérieure à celle de la batterie, cette dernière se met en charge.

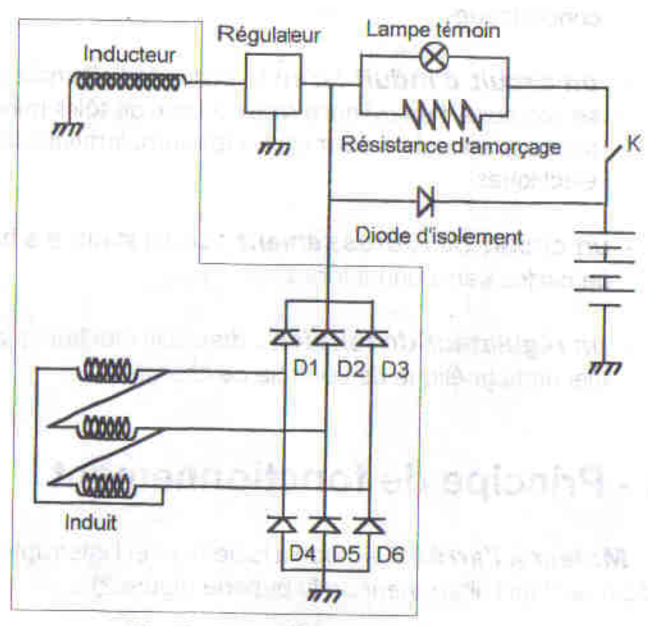


Fig. 2 : Synoptique d'un alternateur.

4 - La régulation

La tension délivrée par l'alternateur est fonction directe de la vitesse de rotation du moteur. En effet, à grande vitesse, la tension induite risque de détruire aussi bien la batterie que le reste des composants électriques et électroniques.

Le régulateur de tension est le dispositif qui permet de réduire le courant inducteur chaque fois que la tension induite sort de la limite de sécurité admise.

Il existe deux types de régulateurs pour alternateurs d'automobile :

- les régulateurs électromagnétiques ;
- les régulateurs électroniques.

4.1 - Le régulateur électromagnétique

Aussi dit régulateur à palette vibrante, son principe de fonctionnement est le suivant :

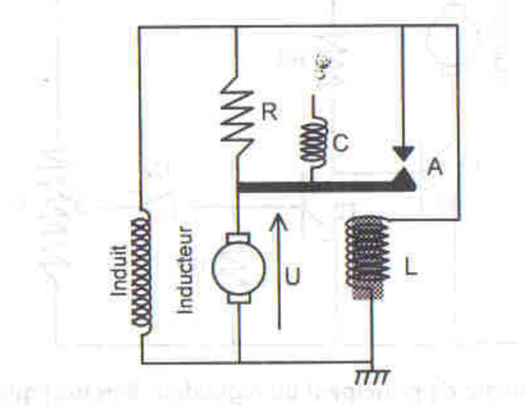


Fig. 3 : Schéma de principe d'un régulateur électromagnétique.

Au repos, le circuit inducteur est alimenté sous la tension de débit de l'induit. Le ressort C ferme la palette sur le contact A.

Lorsque la vitesse augmente, la tension induite U augmente elle aussi jusqu'à atteindre un seuil qui permet à la bobine L de vaincre la force exercée par le ressort sur la palette. Le contact en A s'ouvre et la résistance R entre dans le circuit inducteur, réduisant ainsi l'intensité du courant y circulant et, par conséquent, la tension de débit de l'induit diminue.

4.2 - Le régulateur électronique

Il existe une multitude de montages pour la régulation électronique de la tension de débit des alternateurs. Nous ne reproduirons ici que le schéma de principe de ces régulateurs.

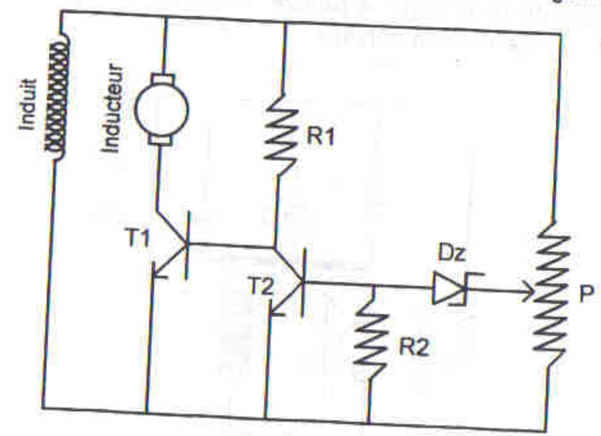


Fig. 4 : Schéma de principe d'un régulateur électronique.

L'élément de base de ce montage est la diode Zener Dz. Tant que sa tension de claquage n'est pas atteinte, le transistor T2 reste bloqué. Le transistor T1, dont la base est reliée à la tension induite par la résistance R1, permet à l'alternateur de charger la batterie.

Dès que la tension de débit devient trop forte, Dz conduit. Le transistor T2, devenu passant, réduit le courant de base de T1, ce qui entraîne une chute de la tension induite.

5 - Diagnostic des pannes

Un dysfonctionnement du dispositif de charge est, le plus souvent, immédiatement repérable sur le tableau de bord. En effet, la lampe témoin doit s'allumer dès qu'on met le contact et s'éteindre lorsque le moteur démarre.

Le tableau suivant est un précieux outil dans le diagnostic des pannes de tout alternateur.

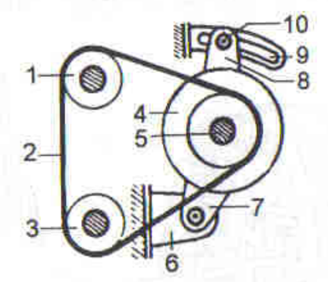
Symptômes	Origine de la panne	Intervention
Le témoin ne s'allume pas lorsqu'on met le contact.	- Lampe grillée - Connecteur du régulateur débranché - Inducteur coupé - Régulateur défectueux	- Changer la lampe - Remettre le connecteur en place - Voir intervention sur inducteur - Voir intervention sur régulateur
Le témoin s'allume alors que le moteur tourne	- Rupture de la courroie - Courroie insuffisamment tendue - Coupure du câble de charge - Circuit de redressement défectueux - Inducteur et/ou induit défectueux - Régulateur défectueux	- Remplacer - Régler la tension (40 Kg/brin) - Changer - Vérifier les diodes - Voir intervention sur inducteur et induit - Voir intervention sur régulateur
Le témoin fonctionne correctement, mais la batterie est anormalement chargée; tension trop forte (batterie bouillonnante) ou trop faible (difficultés au démarrage).	- Défaut dans le circuit de charge	- Vérifier dans l'ordre : * câble de charge * tension de la courroie * diodes de redressement * inducteur * induit * régulateur

6 - Interventions pratiques

6.1 - Dépose de l'alternateur

Certains travaux exigeant la dépose de l'alternateur, il est recommandé, pour ce faire, de respecter la démarche suivante :

— débrancher le câble de masse de la batterie;
— desserrer les fixations de l'alternateur sur ses supports;
— desserrer le boulon de réglage du tendeur de courroie (fig. 5);
— déposer la courroie d'entraînement;
— débrancher les connexions électriques de l'alternateur;
— dégager l'alternateur.



1 - Poulie du ventilateur
2 - Courroie
3 - Poulie motrice
4 - Poulie de l'alternateur
5 - Axe du rotor
6 - Chape
7 - Flasque arrière
8 - Flasque avant
9 - Rainure filetée
10 - Boulon de réglage

Fig. 5 : Schéma de montage de la courroie d'alternateur.

6.2 - Intervention sur l'induit

Un induit peut présenter trois pannes :

— une coupure de circuit dans un enroulement ;
— un court-circuit dans une phase ;
— une mise à la masse d'un bobinage.

Test de circuit ouvert

Ce test, conduit à l'ohmmètre, consiste à brancher les phases 2 à 2 et à chercher celle qui est défectueuse :

— faible résistance : pas de circuit ouvert dans le bobinage.
— très grande résistance (500MΩ) : phase coupée.

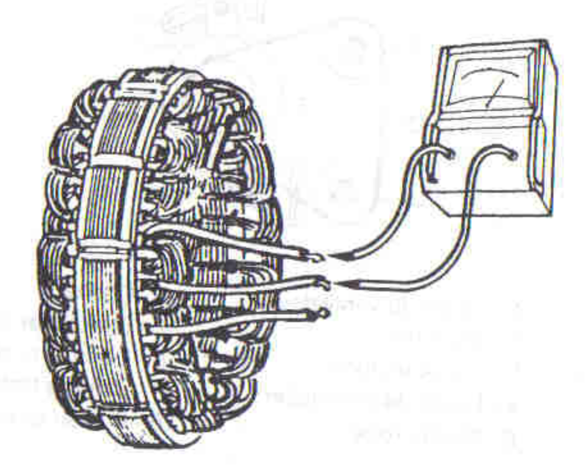


Fig. 6 : Vérification de l'induit à l'ohmmètre.

Test de court-circuit

En dehors des court-circuits francs (bobinages brûlés), une phase peut être en court-circuit partiel sur elle-même sans que cela ne soit visible à l'œil nu. Cette défectuosité est à suspecter lorsque le courant de débit est relativement faible, entraînant une décharge trop rapide de la batterie.

Normalement, une phase en court-circuit partiel devrait présenter une résistance ohmique inférieure à celle d'une phase en bon état. Malheureusement, ces résistances sont si faibles (0,1 ohms) que même les résultats des ohmmètres les plus précis ne sont absolument pas fiables.

Pour détourner cette difficulté, l'alternateur est remonté en partie puis entraîné au banc. On se sert alors d'un voltmètre alternatif pour mesurer la tension délivrée par chaque phase. Cette tension se devant d'être la même sur les trois phases pour un alternateur en bon état.

N.B : Ce test est à mener par un spécialiste convenablement équipé avec obligation de respecter à la lettre les instructions du constructeur.

Test de mise à la masse

Ce test permet de déceler les éventuelles masses entre la carcasse de l'induit et les bobinages. Il fait appel au montage de la figure 7.

Si la résistance entre la carcasse et l'une quelconque des trois phases est faible, ceci est révélateur d'une masse. Dans le cas contraire, les trois mesures seront de l'ordre de plusieurs dizaines de MΩ (méga-ohms).

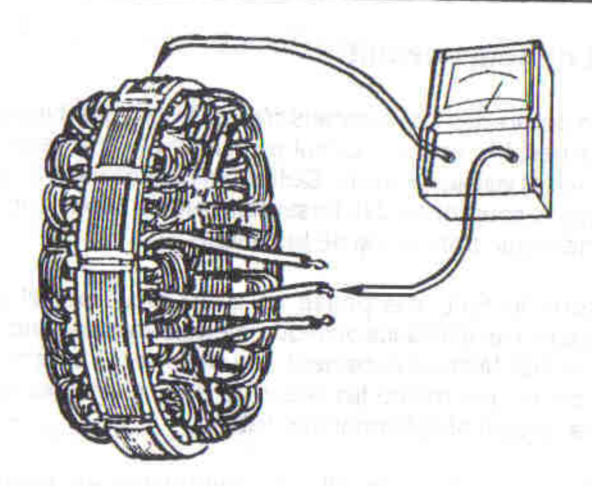


Fig. 7 : Vérification de l'induit à l'ohmmètre

6.3 - Intervention sur l'inducteur

Le circuit inducteur est, lui aussi, sujet à :

— une coupure de circuit ;
— un court-circuit ;
— une mise à la masse.

Test de circuit ouvert

Un inducteur est en circuit ouvert si :

— l'enroulement inducteur est coupé ;
— un fil de liaison avec les bagues collectrices est dessoudé.

Dans un cas comme dans l'autre, le test consiste à mesurer la résistance entre les deux bagues collectrices, avec un ohmmètre, tel qu'indiqué à la figure ci-après.

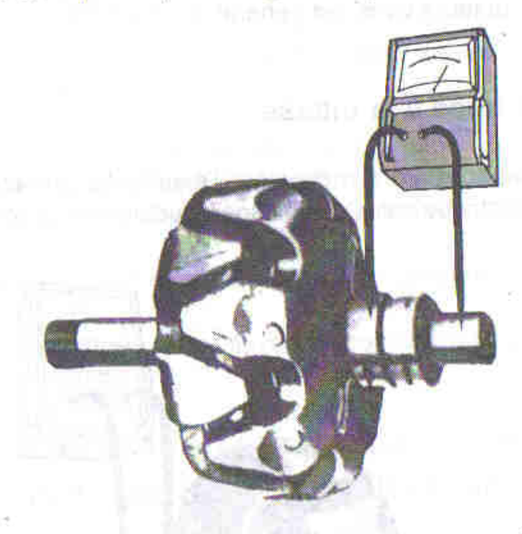


Fig. 8 : Vérification de l'inducteur à l'ohmmètre

Si le circuit inducteur est coupé, l'ohmmètre indiquera une résistance infinie. Il faudra, alors, remplacer le rotor. Dans le cas contraire, le résultat de la mesure sera de quelques ohms.

Test de court-circuit

La recherche de courts-circuits dans le bobinage inducteur est aussi à mener avec le montage de la figure 8. La valeur affichée par l'ohmmètre sera comparée avec celle indiquée par le constructeur. Au cas où l'écart entre les deux valeurs dépasse la tolérance admise, le rotor est à remplacer.

A titre d'exemple, l'inducteur d'un alternateur 14 volts, monté sur un véhicule utilitaire avec une batterie de 12 volts, présente une résistance de l'ordre de 4 ohms. La tolérance admise par les constructeurs varie, en général, de 5 à 10 %.

Test de mise à la masse

Ce test consiste à rechercher l'éventuelle présence d'un contact électrique entre le bobinage inducteur et l'arbre du rotor.

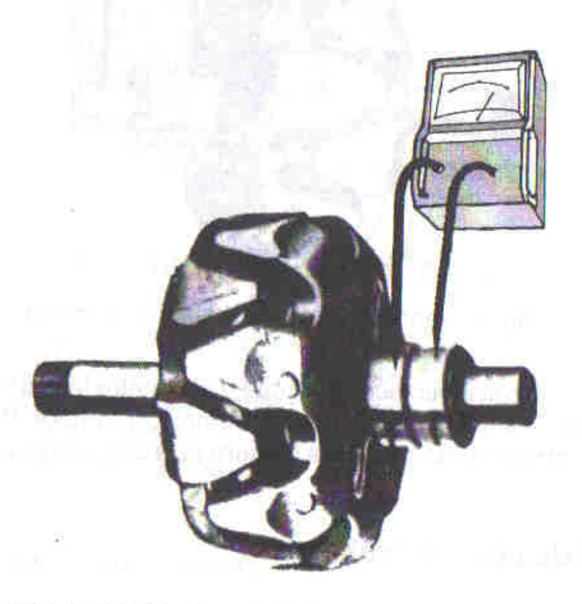


Fig. 9 : Vérification de l'inducteur à l'ohmmètre.

Si l'inducteur est en bon état, les deux lectures faites à l'ohmmètre seront infinies. Dans le cas contraire (valeur lue: quelques ohms), le rotor est à remplacer.

6.4 - Intervention sur le circuit redresseur

Le test du circuit redresseur étant celui de ses diodes, on se contentera de rappeler que :

- une diode en parfait état conduit dans un seul sens (résistance indiquée très faible ou nulle dans le sens passant et infinie dans le sens indirect);
- une diode en court-circuit conduit dans les deus sens;
- une diode en circuit ouvert ne conduit pas du tout.

6.5 - Intervention sur les balais, les porte-balais et le collecteur

Vérifier que :

- la résistance entre chaque balai (charbon) et son guide dans le porte-balai est nulle ;
- la résistance entre les deux balais est infinie.

Nettoyer :

- les charbons avec un chiffon imbibé d'une solution de trichloréthylène ;
- le collecteur au trichloréthylène et le polir avec du papier de verre fin (ne jamais utiliser de toile émeri).

6.6 - Intervention sur le régulateur

L'intervention sur le régulateur se limite à contrôler la tension régulée. En effet, le dépannage et le réglage des régulateurs ne pouvant être effectués que par un spécialiste convenablement équipé, on ne saurait donc les exposer sans sortir du cadre de cet ouvrage.

Si, après avoir testé tous les autres éléments du circuit de charge, rien d'anormal n'a été détecté et avant de prendre la décision de changer de régulateur, remonter l'alternateur, en prenant bien soin de :

— remettre en place toutes les connexions électriques ;

— régler correctement la tension de courroie en conformité avec les spécifications du constructeur.

Ceci étant, effectuer maintenant ce dernier test :

— lire la tension de batterie ;

— démarrer le moteur et monter en régime jusqu'à ce que le voltmètre indique une tension entre 13,5 et 15 volts ;

— brancher tous les accessoires (radio...) ;

— lire à nouveau la tension.

Si la tension chute en dessous de 13 volts, le régulateur est à remplacer. Le même constat est à faire si la batterie est bouillonnante ou exige trop souvent une remise à niveau de son électrolyte (ajout d'eau distillée).

Chapitre 5

Le démarreur

1 - Généralités

Pour que le moteur d'un véhicule puisse tourner de façon autonome, il faudrait lui donner une vitesse initiale minimale, dite de lancement, allant de 100 à 200 tr/mn. Cet effort initial est fourni par un moteur électrique justement appelé démarreur.

2 - Constitution

Un démarreur est essentiellement constitué d'un moteur électrique, d'un lanceur et d'un circuit de commande du lanceur.

2.1 - Le moteur électrique

Comme tout moteur électrique, il est constitué de :

- ***un stator*** : représenté par la culasse qui porte les masses polaires et les bobines inductrices;

- ***un rotor*** : représenté par l'induit et son collecteur;

- ***un porte balais*** : organe de couplement électrique avec la batterie via les balais frotteurs et le collecteur.

Ce moteur électrique se devant de produire un couple puissant, on relie son inducteur et son induit en série afin d'avoir un courant de forte intensité dans l'induit. Ce genre de moteur est dit à excitation série.

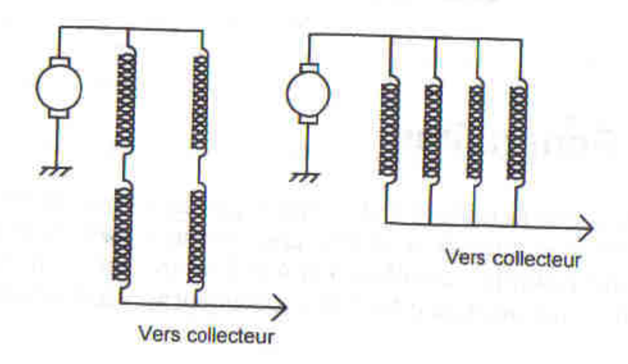


Fig. 1 : Différents modes de branchement des bobines inductrices d'un alternateur tétrapolaire.

2.2 - Le lanceur

C'est l'organe assurant le couplage mécanique entre le moteur électrique du démarreur et le vilebrequin du moteur thermique (essence ou diesel).

Il se compose essentiellement d'un pignon qui communique le mouvement rotatif de l'induit à une couronne dentée montée sur le volant à l'extrémité du vilebrequin.

Le rapport entre le pignon monté sur le démarreur et la couronne du volant est de 1/15 à 1/18 , ce qui impose une vitesse de rotation de 2000 à 3000 tr/min au moteur électrique pour avoir les 150 tr/mn nécessaires au démarrage.

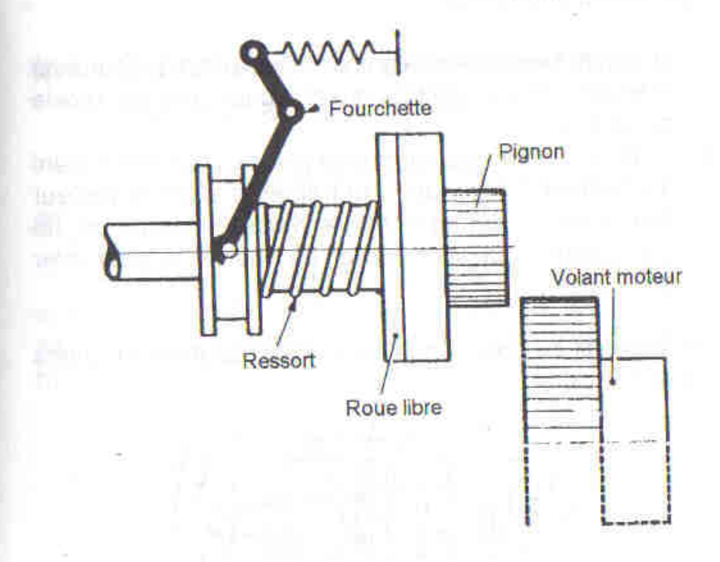


Fig. 2 : Positions relatives pignon/roue dentée du volant moteur.

2.3 - Le circuit de commande du lanceur

Le dispositif de commande du lanceur doit assurer deux fonctions :

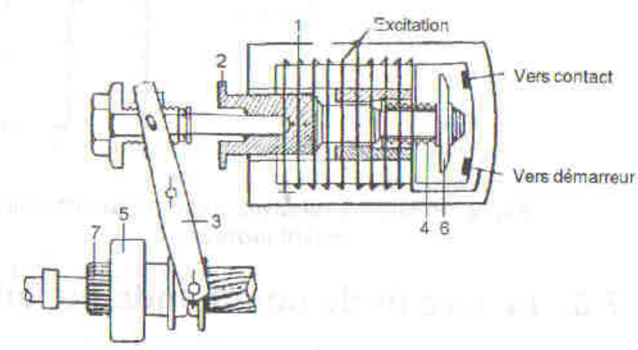
1 - engager le pignon du démarreur dans la couronne dentée du volant juste avant que le moteur électrique ne soit alimenté en courant ;

2 - rompre la liaison pignon-couronne dentée dès que le moteur thermique du véhicule démarre.

Ces deux contraintes doivent absolument être réalisées, car leur défaut entraînerait :

1 - le pignon s'engagerait à grande vitesse dans la couronne et le choc ainsi produit conduirait à une usure trop rapide du lanceur.
2 - le moteur thermique, tournant à plus de 1000 tr/mn, étant au contact du pignon; il entraînerait alors le moteur électrique du démarreur à la vitesse vertigineuse de 20 000 tr/mn qui, sous l'action de l'inertie, le ferait voler en éclats.

Le dispositif de commande qui réalise ces deux fonctions est composé de :



1 - Bobines du solénoïde
2 - Noyau plongeur
3 - Fourchette
4 - Ressort de rappel
5 - Roue libre
6 - Contact de fin de course
7 - Pignon

Fig. 3 : Circuit de commande du démarreur.

- un solénoïde;
- un noyau plongeur;
- une fourchette;
- un ressort.

2.4 - Principe de fonctionnement d'un lanceur à solénoïde

Au repos, les interrupteurs K1 et K2 sont ouverts et le pignon est désengagé de la couronne (Fig. 4).

Le bobinage L1 du solénoïde est dit "enroulement d'appel" et est constitué par un fil de grande section. Le bobinage L2 est, lui, constitué par un fil fin et porte le nom d'enroulement de maintien.

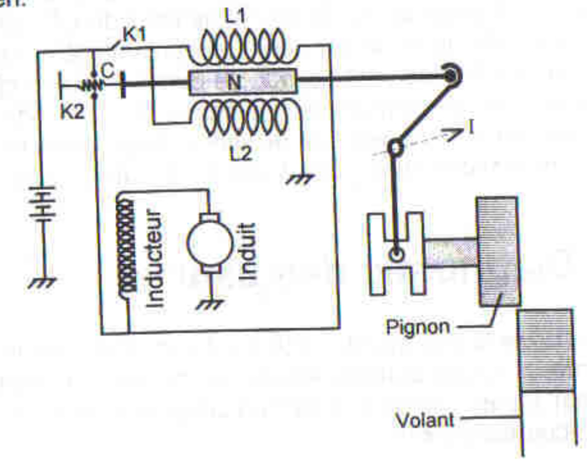


Fig. 4 : Synoptique de fonctionnement d'un démarreur à solénoïde.

Lorsque le conducteur tourne la clé de contact, l'interrupteur K1 se ferme. La bobine L1, traversée par un courant de forte intensité, attire énergiquement le noyau N, entraînant ainsi une rotation de la fourche autour de l'axe I et donc l'engagement du pignon dans la roue dentée du volant.

En fin de course, le noyau N ferme l'interrupteur K2, entraînant ainsi :

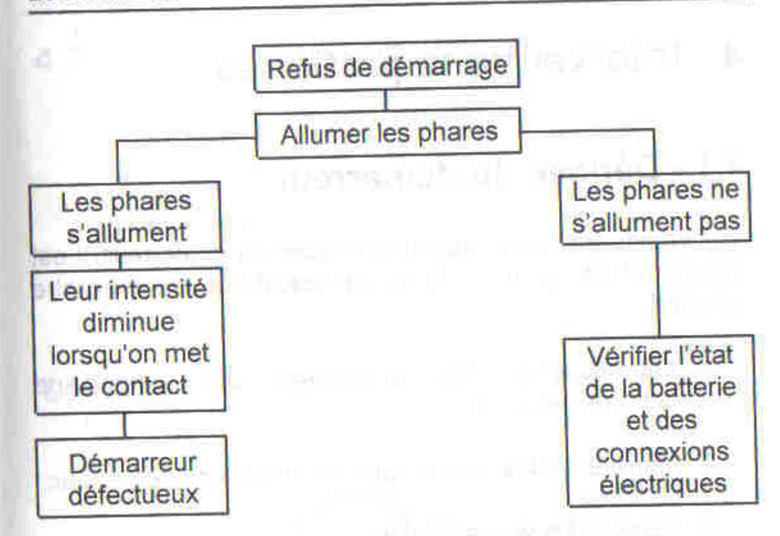
- la fermeture du circuit d'alimentation directe du moteur électrique qui se met en marche.
- le court-circuit de la bobine d'appel L1.

Le contact K2 est maintenu fermé par la bobine de maintien L2. Dès que le moteur thermique démarre, le conducteur lâche le contact et l'interrupteur K1 s'ouvre. Le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde est composé du champ de la bobine L2, qui tend à garder K2 fermé, et de celui de L1, qui tend à l'ouvrir. La résultante de ces deux forces étant inférieure à celle exercée par le ressort C sur K2, ce dernier s'ouvre et coupe l'alimentation du démarreur. Le noyau plongeur, dans son mouvement vers sa position de repos, désengage le pignon de la couronne dentée grâce à son action sur la fourchette.

3 - Diagnostic des pannes

Qu'on se le dise tout de suite, il est bien plus que rare qu'un démarreur refuse brutalement de fonctionner. En effet, cette étape n'est atteinte qu'à la fin d'un processus dont les signes avant-coureurs sont:

- manque de puissance ;
- échauffement anormal ;
- bruits.



Cependant, si le démarreur ne peut entraîner le moteur, le plus sage serait de consulter l'organigramme ci-avant. Si l'hypothèse d'une panne de démarreur est confortée, il faut alors se référer au tableau suivant :

Symptôme	Origine de la panne
Le démarreur ne tourne pas.	- connexions électriques défectueuses - solénoïde défectueux
Le démarreur tourne, mais ne peut entraîner le moteur.	- induit en court-circuit ou à la masse - collecteur défectueux - charbons grippés ou défectueux - paliers grippés ou défectueux

4 - Interventions pratiques

4.1 - Dépose du démarreur

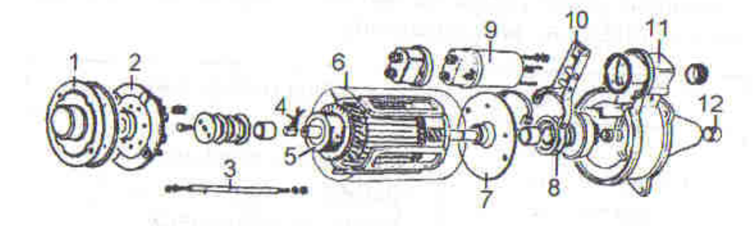
Certains travaux exigeant la dépose du démarreur, il est recommandé, pour ce faire, de respecter la démarche suivante :

1 - débrancher la batterie en dévissant l'écrou à oreilles de la borne négative;

2 - débrancher les connections électriques du démarreur;

3 - déposer les vis de fixation;

4 - extraire le démarreur.



1 - Couvercle arrière
2 - Porte-balais
3 - Tirant d'assemblage
4 - Balais
5 - Induit (Rotor)
6 - Inducteurs (Stator)
7 - Palier intermédiaire
8 - Pignon
9 - Solénoïde
10 - Fourchette
11 - Nez
12 - Douille

Fig. 5 : Eclaté d'un démarreur.

4.2 - Intervention sur l'induit

L'induit d'un démarreur peut être sujet à :

- un court-circuit
- un circuit ouvert
- une mise à la masse
- un collecteur défectueux

Le test de court-circuit

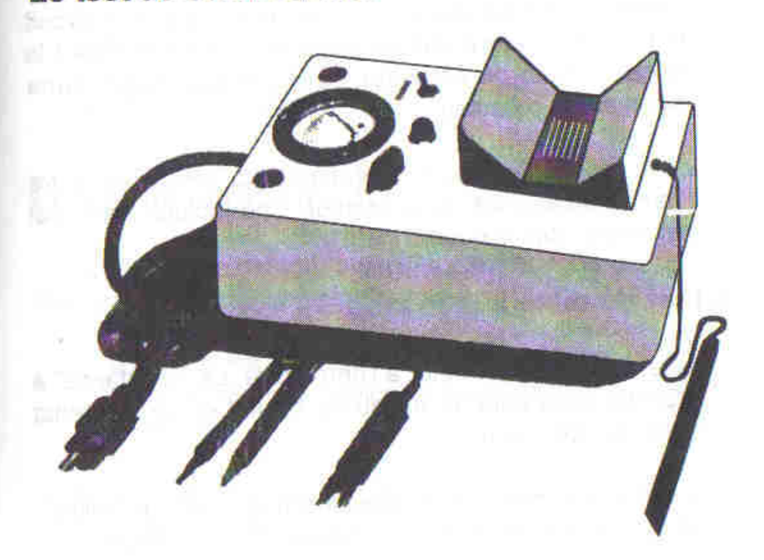


Fig. 6 : Le grognard, un outil fort utile dans le test des rotors.

Un induit grillé est signalé par un aspect noirâtre, suite à la fusion de l'isolant.

La recherche de courts-circuits partiels dans un induit de démarreur se fait au grognard. Ce test consiste à tourner le rotor lentement, à la main, dans la structure en V de l'appareil, tout en maintenant, dessus, une fine lame d'acier.

La présence d'un court circuit est signalée par des vibrations de la lame métallique. Tout induit grillé ou court-circuité est à remplacer.

Le test de circuit ouvert

Il est extrêmement rare qu'un induit soit l'objet d'un circuit ouvert. En effet, un tel problème fait le plus souvent suite à la présence d'un corps étranger ou au dessoudage d'une connexion sur le collecteur.

Le test consiste à mesurer à l'ohmmètre la "résistance" entre deux lames adjacentes du collecteur. Une lecture infinie est synonyme d'un circuit ouvert.

Le test de mise à la masse

Ce test est aussi à mener à l'ohmmètre. La "résistance" à mesurer est celle entre le noyau de l'induit et les différents segments du collecteur.

Il y a mise à la masse, si la valeur indiquée n'est pas "infinie". Un induit affecté d'une mise à la masse est à remplacer.

Le test du collecteur

Un collecteur en bon état est de couleur brune. Le test de dépistage est donc essentiellement visuel et porte sur la recherche des traces de brûlures et de piquages.

En cas de problèmes, le collecteur est rectifié au tour et ses entre-lames mica sont fraisés.

L'intervention sur le collecteur se termine par un nettoyage avec un chiffon imbibé de trichloréthylène.

4.3 - Intervention sur les inducteurs

Les bobines d'un démarreur peuvent être l'objet :

- d'un court-circuit ;
- d'une mise à la masse ;
- d'une coupure de circuit.

Le test de court-circuit

La recherche de courts-circuits partiels dans les bobines inductrices obéit au cheminement suivant :

1 - consulter les données du constructeur sur le type de branchement des bobines inductrices et leur résistance ohmique.

2 - dénuder légèrement la connexion entre bobines et mesurer à l'ohmmètre la résistance de chacune d'elles.

3 - comparer les résultats ainsi obtenus à ceux du constructeur. On rappelle que la résistance équivalente de deux résistances en série est égale à la somme des deux et que celle de deux résistances parallèles est égale au rapport de leur produit sur leur somme.

Dans le cas où l'on ne dispose pas des valeurs réelles préconisées à l'usine, on procède par comparaison des valeurs obtenues à l'ohmmètre entre elles. La bobine en court-circuit partiel est celle qui présente une résistance plus faible que les autres.

Le test de mise à la masse

Le test de mise à la masse consiste à mesurer la résistance ohmique entre la carcasse et chacune des quatre bobines inductrices. Une mise à la masse est signalée à l'ohmmètre par une résistance "non infinie".

Le test de circuit ouvert

La section du fil des bobines inductrices étant importante, il est donc bien plus que rare de rencontrer un inducteur de démarreur en circuit ouvert.

Le test est à mener en parallèle avec celui de la recherche de courts-circuits. En effet, si l'une des bobines inductrices est coupée, sa résistance ohmique est "infinie".

4.4 - Intervention sur le pignon

Le pignon étant une pièce purement mécanique, le seul défaut qui puisse l'atteindre est donc son usure. Le test est visuel et consiste à inspecter l'état des dents.

Si le pignon est légèrement abîmé, on peut opter dans un premier temps pour une simple correction des dents; mais si l'une d'elles est cassée, le remplacement du pignon s'impose.

L'intervention sur le pignon s'achève par un nettoyage avec une solution de trichloréthylène ou d'essence.

4.5 - Intervention sur le solénoïde

Un solénoïde en mauvais état peut être responsable de 3 types de pannes :

1 - le pignon ne s'engage pas dans la couronne.
2 - le pignon est trop ou pas assez engagé.
3 - le pignon est correctement engagé, mais le démarreur ne tourne pas.

Le pignon ne s'engage pas dans la couronne

Cette panne peut avoir deux origines distinctes :

- les bobines du solénoïde sont défectueuses ;
- la fourchette de commande ne communique pas le mouvement au pignon.

Dans le premier cas, le test consiste à mesurer les résistances des bobinages et à les comparer avec les valeurs du constructeur. En cas de coupure ou de court-circuit, remplacer le bobinage en cause.

Certains solénoïdes sont sertis à la fabrication et ne sont donc pas démontables. Leur réparation étant impossible, on ne peut procéder que par substitution à l'équivalence.

Le deuxième cas appelle une intervention beaucoup plus facile. La fourchette étant en liaison avec le noyau plongeur, le nez du démarreur et la douille, il suffit donc de vérifier l'état de ces trois connexions.

Le pignon est trop ou pas assez engagé

Un pignon trop ou pas assez engagé présente des traces d'usure; le démarreur est bruyant et, si la batterie n'est pas

- les balais coulissent facilement dans leurs guides respectifs;
- la tension des ressorts de balais n'est ni trop forte ni trop faible;
- le degré d'usure des balais (en dessous de 8 mm, le remplacement s'impose et s'effectue par jeu complet).
- la résistance ohmique entre :
  * balai/carcasse est infinie ;
  * balai/balai est infinie ;
  * un balai et son guide est nulle.

Chapitre 6

L'allumage

1 - Introduction

L'allumage est l'opération qui consiste à fournir, à partir des 12 volts continu de la batterie, plus de 20 000 volts à une bougie montée sur un cylindre en état 3 (compression du mélange carburé).

2 - Le système d'allumage

On désigne par "système d'allumage" l'ensemble des éléments qui permettent l'allumage. Ce dispositif comporte :

- ***un allumeur (DELCO) :*** coupe régulièrement le circuit primaire de la bobine et distribue les impulsions H.T. issues de cette dernière aux différentes bougies.
- ***une bobine d'induction*** : génère l'impulsion H.T.
- ***des bougies (une par cylindre) :*** allument le mélange carburé.

Fig. 1 : Le systeme d'allumage.

2.1 - L'allumeur (DELCO)

L'allumeur (DELCO), entraîné par l'arbre à cames via un pignon de renvoi, est constitué des éléments suivants :

- un rupteur ;
- un condensateur ;
- un distributeur.

Le rupteur

Le rupteur est un interrupteur mécanique qui a pour fonction de couper le courant primaire de la bobine d'allumage à un moment bien précis. Il comporte :

- ***une came de rupture*** : solidaire de l'axe de l'allumeur, elle porte autant de bossages qu'il y a de cylindres (4 en général).
- ***une paire de contacts de rupture*** : communément appelées «*vis platinées*», elles existent sous différentes formes (une pièce, deux parties, cassette). Le contact fixe est relié à la masse et le contact mobile est monté sur un linguet mobile autour d'un axe. La rupture du courant primaire de la bobine a lieu lorsque le *toucheau* entre en contact avec un bossage de la came.

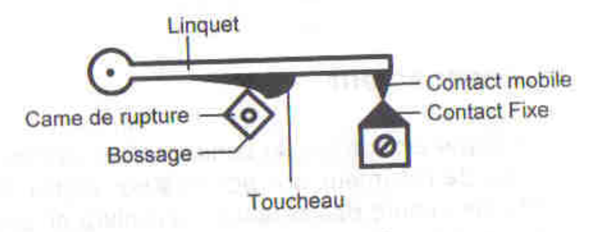
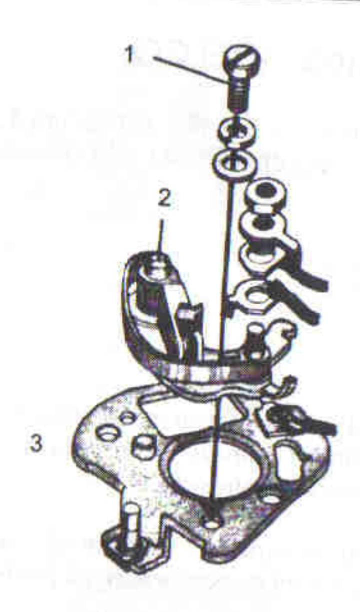


Fig. 2 : Synoptique d'un rupteur.



1 - Vis de fixation ; 2 - Contacts de rupture ; 3 - Plateau des contacts de rupture

Fig. 3 : Vue éclatée d'un rupteur.

Le condensateur

De forme cylindrique, le condensateur est soit contenu à l'intérieur de l'allumeur, soit accolé à son boîtier. Son rôle est de retarder l'usure des contacts de rupture en empêchant la formation d'étincelles au moment de la rupture.

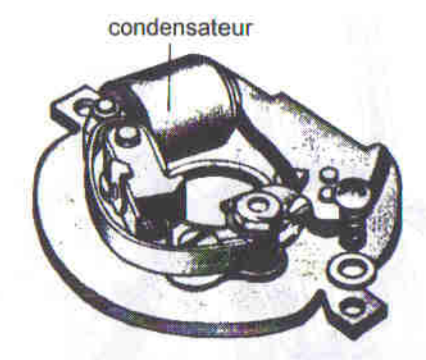


Fig. 4 : Un condensateur intégré à l'allumeur .

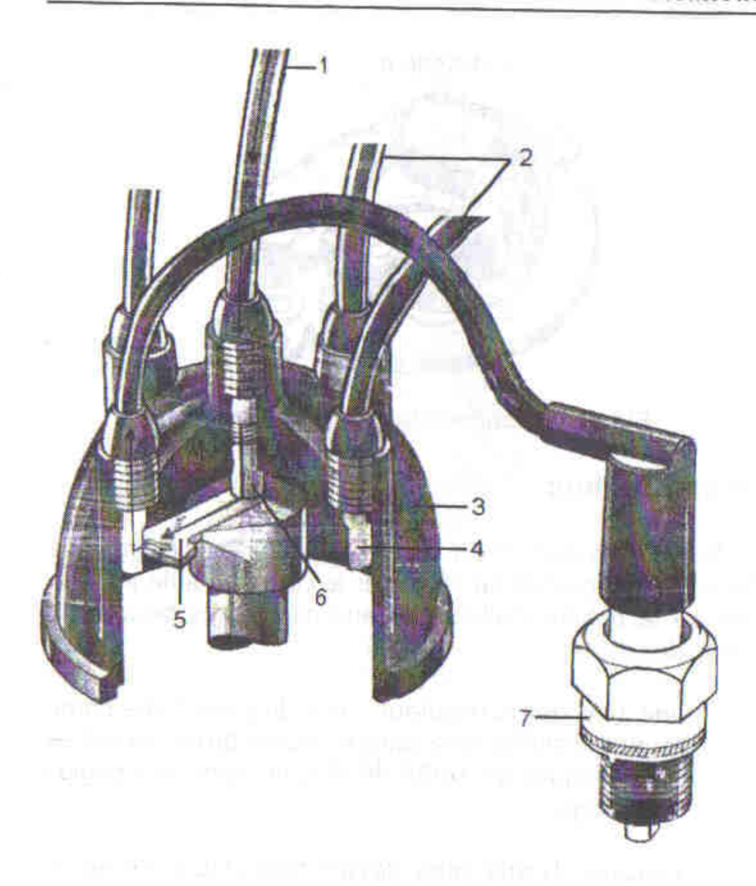
Le distributeur

Tel que son nom l'indique, le distributeur est l'élément de l'allumeur qui permet de distribuer le courant haute tension, issu de la bobine d'allumage, aux différentes bougies. Il comporte :

- ***une tête de distributeur*** : elle dispose d'une borne centrale d'arrivée de la haute tension et de quatre bornes périphériques de sortie de tension vers les bougies d'allumage.

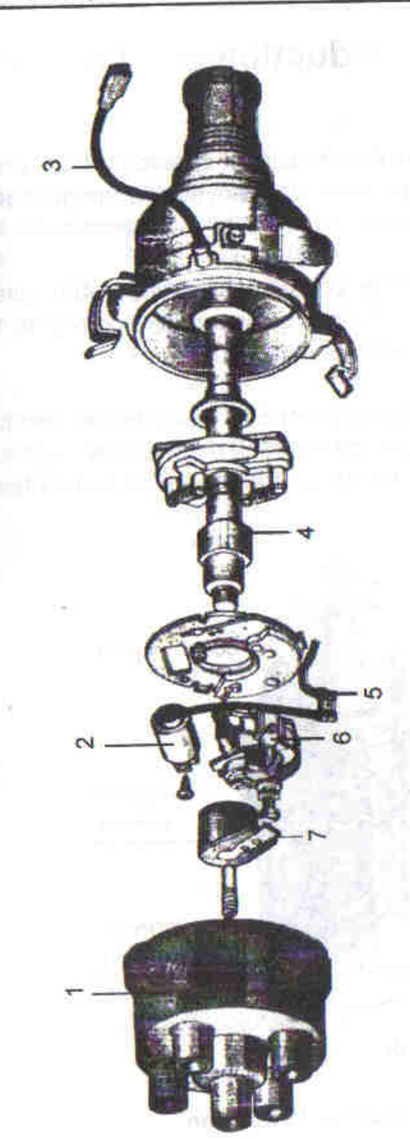
- ***un rotor*** : il coiffe l'arbre de l'allumeur et tourne avec lui. La tension HT est communiquée aux bougies par un doigt solidaire du rotor.

Ainsi, lorsqu'une impulsion HT arrive sur la borne centrale du distributeur, elle est communiquée au doigt du rotor via un ressort et un charbon. Le doigt, étant en rotation, passe devant un plot relié à une borne de sortie et alimente une bougie bien spécifique.



1 - Câble HT de la borne centrale ; 2 - Câbles HT des bornes périphériques ; 3 - Tête de distributeur ; 4 - Plot HT ; 5 - Doigt de distributeur ; 6 - Charbon ; 7 - Bougie.

Fig. 5 : Le distributeur.



1 - Tête de distributeur ; 2 - Condensateur ; 3 - Câble basse tension ; 4 - Came de distributeur ; 5 - Câble basse tension ; 6 - Contacts de rupture ; 7 - Bras du rotor

Fig. 6 : Eclaté d'un allumeur.

2.2 - La bobine d'induction

La bobine d'induction est en réalité un transformateur haute tension. Elle se compose, donc, d'un noyau ferromagnétique recevant deux enroulements : le primaire et le secondaire.

L'enroulement primaire est constitué par quelque 400 spires d'un fil de grosse section (1 mm). Le secondaire comporte 15 à 20 000 spires de fil de faible section (0,1 mm).

Schématiquement, elle se compose d'une borne positive reliée à la batterie via la clef de contact, d'une borne négative reliée au rupteur et d'une borne centrale reliée au distributeur.

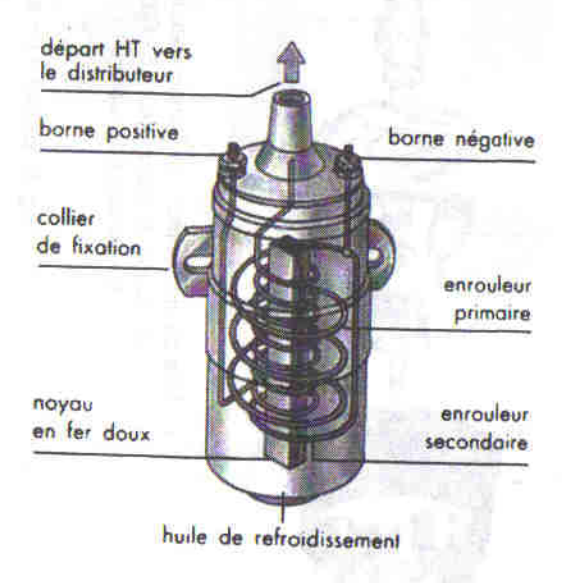
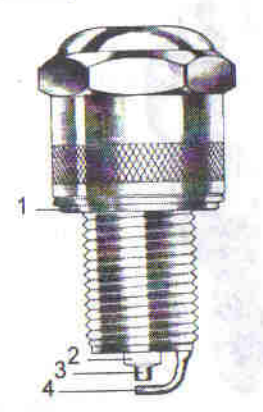


Fig. 7 - La bobine d'induction.

2.3 - La bougie

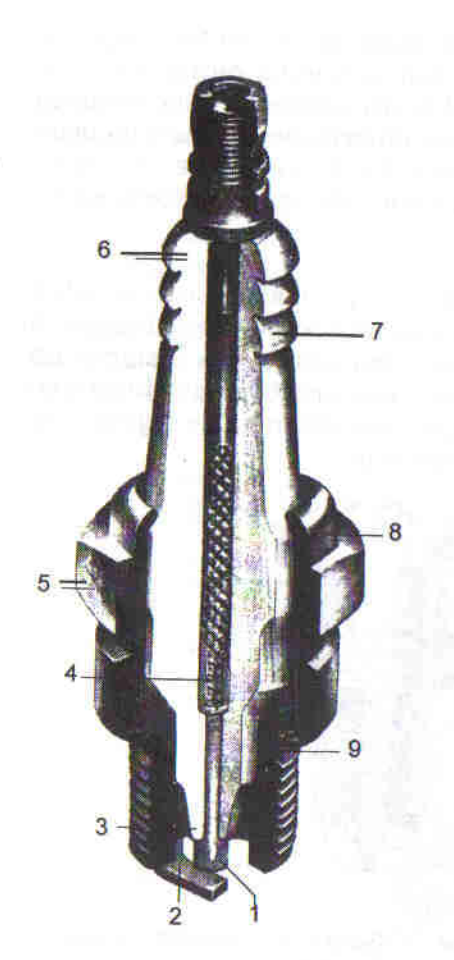
La bougie est l'un des éléments clés de l'allumage. De son état dépendent la bonne marche du moteur et la régularité de l'allumage. Elle est composée d'une électrode centrale reliée à un capuchon du distributeur et d'une électrode de masse reliée à la masse du véhicule par le vissage du culot sur le moteur. L'écart entre les deux électrodes est de moins de 1 mm.

On parle souvent de chaleur d'une bougie. Ce terme définit la facilité avec laquelle la chaleur, à l'extrémité de l'isolant où jaillit l'étincelle, est communiquée au système de refroidissement du moteur. Cette caractéristique diffère d'un moteur à un autre et dépend essentiellement de la gamme de vitesse et du taux de compression.



1 - Joint métalloplastique ; 2 - Isolant ; 3 - Electrode centrale ; 4 - Electrode de masse

Fig. 8 : Aspect externe d'une bougie.



1 - Electrode centrale ; 2 - Electrode de masse ; 3 - Bec isolant ; 4 - Alliage conducteur ; 5 - Culot en acier spécial ; 6 - Isolant céramique (95% d'Alumine) ; 7 - Profil anti décharges H.T. extérieures ; 8 - Sertissage thermomécanique garantissant une parfaite étanchéité ; 9 - Joint extérieur captif

Fig. 9 : Structure générale d'une bougie.

3 - Principe de l'allumage

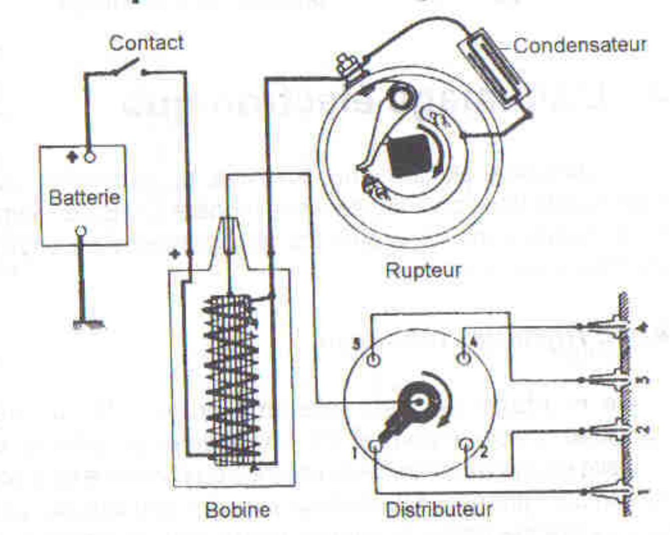


Fig. 10 : Schéma de principe de l'allumage.

Lorsqu'on tourne la clé de contact, la borne + de la bobine d'allumage est reliée à la batterie et un champ magnétique constant s'y crée.

L'axe de l'allumeur, entraîné par l'arbre à cames, met en rotation la came de rupture et le rotor du distributeur. Les contacts de rupture s'ouvrent lorsqu'un bossage soulève le linguet de rupture et, pendant un laps de temps très court, le circuit primaire de la bobine se retrouve ouvert. Cette perturbation du champ magnétique induit une tension de l'ordre de 250 V dans le bobinage primaire, convertie en plus de 20 000 V sur le secondaire.

Cette impulsion HT passe dans la borne centrale du distributeur, qui l'envoie vers une bougie d'allumage.

4 - L'allumage électronique

En allumage électronique, il n'existe pratiquement pas de montage de base pouvant servir de modèle. Dans cet ouvrage, nous n'étudierons donc que les deux principes de base des allumeurs électroniques.

Avec rupteur classique

Ce montage est juste une amélioration de l'allumage classique, puisqu'il permet d'envoyer des courants de forte intensité dans le primaire de la bobine (régime élevé du moteur) sans le moindre risque de détérioration des contacts de rupture (la plus grande partie du courant passe dans le transistor T).

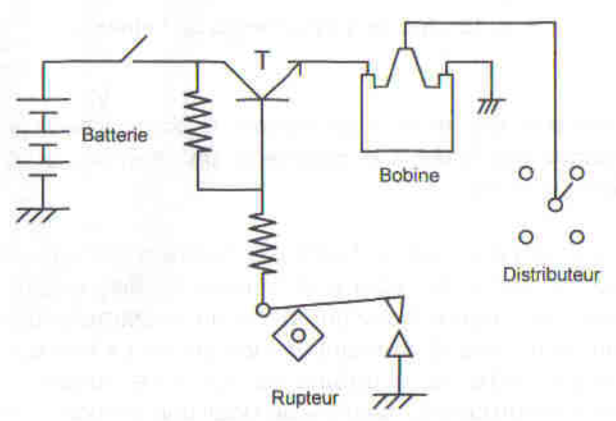


Fig. 11 : Synoptique d'un allumeur électronique à rupteur classique.

Avec rupteur électromagnétique

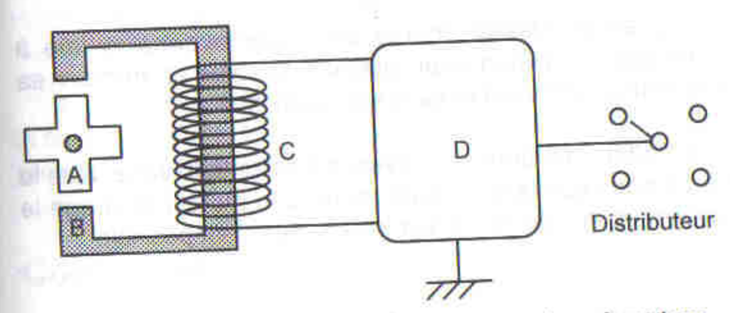


Fig. 12 : Synoptique d'un allumeur électronique à rupteur électromagnétique.

Il se compose d'un disque A monté sur l'arbre de l'allumeur. Ce disque ferme périodiquement le circuit magnétique d'un aimant permanent B. Un courant induit est recueilli par la bobine C qui envoie ces impulsions vers un boîtier électronique D. Après traitement, l'électronique délivre la tension HT qui sera acheminée vers la bougie via le distributeur.

5 - L'avance à l'allumage.

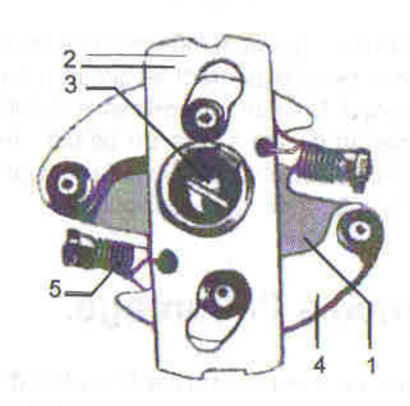
Si les bougies ne produisaient les étincelles d'amorçage de la combustion qu'une fois que le piston aura atteint le PMH, ce dernier aura le temps d'amorcer sa descente vers le PMB avant la détente des gaz et une perte de puissance s'en suivrait. L'avance à l'allumage revient donc à générer l'impulsion HT, par ouverture du circuit primaire de la bobine, avant que le piston n'arrive au PMH. Cette condition est satisfaite par un positionnement adéquat de la came de rupture par rapport au plateau support des vis platinées.

6 - Correcteurs d'avance à l'allumage

A grande vitesse, même avec une avance initiale à l'allumage, un piston peut atteindre le PMH et amorcer sa descente avant le début de la combustion.

En effet, il faudrait que l'avance à l'allumage varie dans le même sens que la vitesse de rotation du moteur pour que le rendement en puissance soit le plus important possible.

Correcteurs mécaniques



1 - Plateau fixe
2 - Plateau mobile
3 - Came de rupture
4 - Masselottes
5 - Ressort

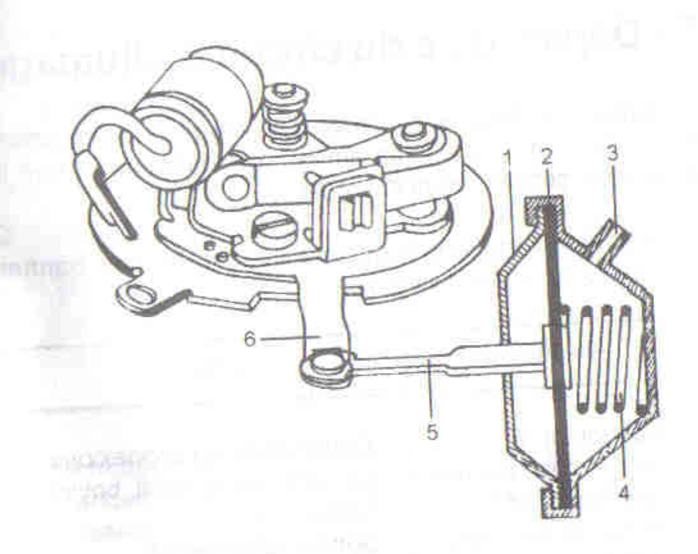
Fig. 13 : Dispositif d'avance centrifuge à l'allumage.

Un correcteur d'avance mécanique est caractérisé par :

- un plateau fixe solidaire de l'arbre de l'allumeur;
- un plateau mobile portant la came de rupture.

A grande vitesse, les masselottes s'écartent sous l'effet de la force centrifuge, le plateau mobile prend une avance sur le plateau fixe et les contacts de rupture s'ouvrent plus tôt.

Correcteurs à dépression



1 - Capsule
2 - Membrane élastique
3 - Vers carburateur
4 - Ressort
5 - Tige de commande
6 - Plateau vis platinées

Fig. 14 : Dispositif d'avance à l'allumage à dépression.

Le dispositif de correction agit sur le plateau supportant les vis platinées. Il est composé d'une capsule divisée en deux chambres par une membrane élastique dont le mouvement dépend de la dépression dans la tubulure d'admission (carburateur), elle même fonction de la vitesse et de la charge du véhicule.

Une tige métallique relie le plateau des vis platinées à la membrane élastique et assure la correction de l'avance à l'allumage.

7 - Dépannage du circuit d'allumage

Avant de s'attaquer au circuit d'allumage, il est important de s'assurer que l'essence arrive au carburateur et que la batterie est suffisamment chargée.

Le tableau suivant regroupe l'essentiel des pannes imputables au circuit d'allumage.

Panne	Origine
1 - Le moteur ne tourne pas / s'arrête spontanément / présente des ratés à tous les régimes (marche saccadée).	- Défaut dans les connexions sur batteries, contact, bobine, rupteur, fils. - Bobine défectueuse. - Rupteur défectueux. - Condensateur en court-circuit. - Grains des linguets piqués ou encrassés.

Panne	Origine
1 - *(suite)*	- Masse imparfaite de l'allumeur. - Câble bobine-distributeur mal isolé. - Câbles distributeur-bougies mal isolés. - Tête de distributeur fêlée ou humide.
2 - Le moteur a des ratés à régime élevé.	- Tension du ressort du linguet mobile trop faible. - Ecart trop grand entre les vis.
3 - Le moteur est bruyant.	- Avance initiale trop importante. - Ressorts d'avance centrifuge trop faibles. - Correcteur d'avance à dépression défectueux.
4 - Le moteur chauffe et manque de puissance.	- Avance initiale trop faible. - Ressorts d'avance centrifuge trop forts. - Bougies trop chaudes.
5 - Le moteur ne part pas après révision.	- Distribution mal calée. - Fils des bougies intervertis.

Organigramme de test systématique

Le moteur ne part pas ou s'arrête brusquement.

Haute tension présente sur les câbles des bougies?

- Oui → Contrôler l'état des bougies.
- Non ↓

Haute tension présente sur le secondaire de la bobine?

- Oui → Contrôler l'état:
  - du rotor du distributeur
  - du charbon
  - des câbles
- Non ↓

La rupture se produit correctement au primaire?

- Oui → Contrôler la bobine.
- Non → Contrôler :
  - vis platinées
  - condensateur
  - câbles

7.1 - Intervention sur la bobine

Une bobine peut être affectée par les défauts suivants:

- enroulements coupés ou en court-circuit;
- connexions encrassées, humides ou endommagées.

Pour tester une bobine, la façon la plus pratique consiste à la remplacer par une neuve et, si le moteur refuse toujours de tourner, la panne est à rechercher en amont (rupteur) ou en aval (distributeur, bougies). On peut aussi procéder comme suit :

- enlever le chapeau et le rotor du distributeur ;
- mettre le câble d'arrivée de la haute tension à 5 mm d'une masse ;
- fermer le contact général sans lancer le démarreur ;
- écarter et relâcher le linguet mobile de rupture plusieurs fois de suite.

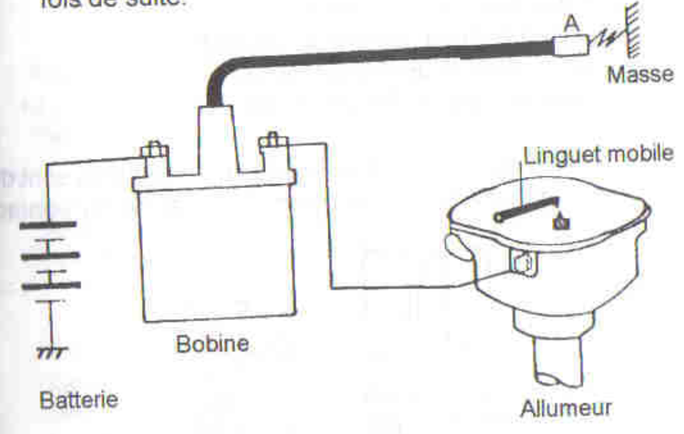


Fig. 15 : Schéma de test de la bobine.

Si des étincelles éclatent en A, la bobine est en bon état, sinon elle est à remplacer.

7.2 - Intervention sur l'allumeur (DELCO)

L'allumeur ou DELCO peut présenter des dysfonctionnements au niveau du :

- rupteur (vis platinées) ;
- condensateur ;
- distributeur.

Test du rupteur (vis platinées)

Le rupteur est sujet à :

- usure des pointes de contact ;
- désalignement des pointes de contact ;
- tension incorrecte du linguet mobile ;
- écart des pointes de contact incorrect.

Des pointes de contact en bon état et bien alignées sont de couleur gris ardoise avec une marque au centre du contact plat.

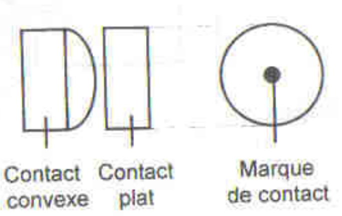


Fig. 16 : Les faces de contact des vis platinées.

Si cette marque n'est pas au centre, les contacts sont désalignés et la correction se fait en tordant le contact fixe (jamais le linguet mobile) à l'aide d'un outil approprié.



Fig. 17 : La balance à ressort.

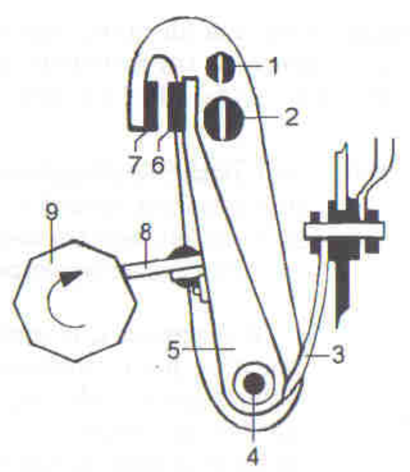
La tension du linguet se mesure avec une balance à ressort. Cet outil donne la force (en Newton) nécessaire pour ouvrir les contacts de rupture.

Une tension plus grande que celle spécifiée par le constructeur retarde l'allumage et précipite l'usure des pointes de contact. Une tension trop faible provoque, à régime élevé, une rupture désordonnée, suite au flottement des pointes : le véhicule épouse une marche saccadée.

La correction se fait par action sur la position du ressort du linguet par rapport à son pivot. On s'éloigne de cet axe pour augmenter la tension et on s'en rapproche pour la diminuer (fig. 18).

L'écart des pointes se mesure et se corrige avec un compteur d'angle de saturation, avec *OBLIGATION DE RESPECTER A LA LETTRE LES INSTRUCTIONS DU CONSTRUCTEUR.*

Une autre méthode (approximative) consiste à tourner la came de rupture jusqu'à ce que le contact mobile atteigne son plus haut niveau (écart maximum) ; on insère alors un calibre entre les pointes et on règle l'écart par action sur le contact fixe. A signaler que cette méthode est déconseillée par tous les constructeurs.



1 - Vis de fixation ; 2 - Vis de réglage ; 3 - Ressort ; 4 - Axe du linguet ; 5 - Linguet mobile ; 6 - Pointe de linguet ; 7 - Pointe réglable ; 8 - Toucheau ; 9 - Came de rupture.

Fig. 18 : Structure des pointes de rupture.

Test du condensateur

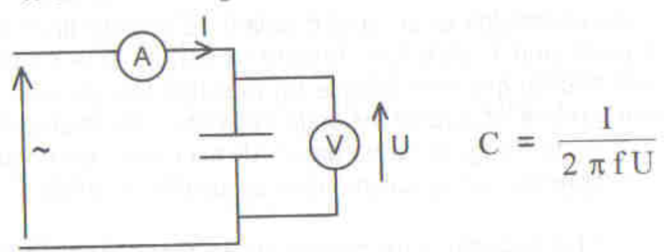
Un condensateur peut être sujet à :

- un court-circuit;
- un circuit ouvert;
- une diminution de la capacité par vieillissement du condensateur.

Un court-circuit du condensateur est à suspecter si le moteur ne peut démarrer suite à l'absence de rupture au niveau de la tension primaire de la bobine. Le circuit ouvert et la diminution de la capacité par vieillissement se répercutent sur l'état des vis platinées (usure trop rapide).

Le test consiste à calculer la capacité réelle du condensateur et à la comparer avec celle donnée par le constructeur. Il existe deux façons d'opérer :

- le calcul direct avec un capacimètre ;
- le calcul indirect grâce au montage suivant :



$$C = \frac{I}{2 \pi f U}$$

I : Intensité mesurée à l'ampèremètre alternatif.
U: Tension mesurée au voltmètre alternatif.
f : Fréquence de la tension de test.

Un condensateur défectueux ne peut être que remplacé.

Test du distributeur

Le distributeur n'ayant pour rôle que de véhiculer la haute tension qui arrive sur sa borne centrale vers les différentes bougies, ses défaillances se résument en :

- absence de liaison entre le rotor et la borne centrale;
- absence de liaison entre le rotor et les plots des bornes périphériques.

Le test est donc en grande partie visuel et consiste à contrôler l'état du charbon, du ressort, du bras du rotor et des plots des bornes périphériques.

7.3 - Intervention sur les bougies

L'apparence d'une bougie revêt une importance capitale, aussi bien pour son propre état de fonctionnement que celui du moteur en général.

Des électrodes et un bout d'isolant de couleur brun clair indiquent une bougie qui "respire la santé". Une couleur blanchâtre ou gris clair indique un mélange trop pauvre. Un dépôt noirâtre indique un mélange trop riche (usage abusif du starter ou déréglage du carburateur). Un encrassement noirâtre et charbonneux est synonyme d'un excès d'huile brûlée.

Avant d'accabler une bougie de la responsabilité des problèmes d'allumage, il est conseillé de faire le test suivant:

1 - débrancher les câbles des bougies ;
2 - les mettre à 5 mm d'une masse ;
3 - lancer le moteur au démarreur.

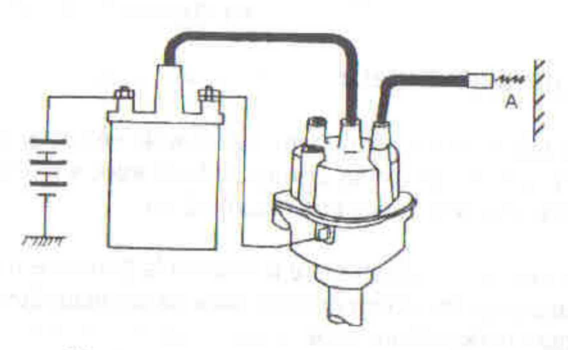


Fig. 19 : Montage de test des bougies.

Une bougie n'est défectueuse que si le câble qui lui est associé produit des étincelles en A lors du test.

Les carences que peut présenter une bougie sont :
- trop grand écart entre les électrodes ;
- encrassement dû à l'huile et au carburant.

L'intervention suit le cheminement suivant :
- nettoyer les électrodes et le culot avec du papier abrasif ;
- les plonger dans un bain d'essence ;
- laisser sécher ;
- rectifier avec une petite lime l'électrode de masse ;
- vérifier l'écart entre les électrodes, à l'aide d'un jeu de cales d'épaisseur, et rectifier si besoin.

Remarques :
- Une bougie dont les électrodes sont endommagées est à remplacer.
- Les bougies sont à remplacer tous les 15 000 km.
- Avant de les remonter, enduire le filetage d'une graisse graphite (ne jamais utiliser d'huile).

7.4 - Calage de l'allumage

Le calage de l'allumage est l'opération qui consiste à régler les pointes de contact du rupteur, de telle façon que l'étincelle éclate, au bon moment, entre les électrodes de la bonne bougie.

La première étape dans le calage de l'allumage consiste à tourner le moteur, sans le démarrer, jusqu'à ce que le repère mobile de réglage soit en face d'un index fixe.

Le repère mobile est situé, selon les modèles, sur la poulie en bout de vilebrequin en avant du moteur, sur le volant moteur ou sur un dumper en bout de vilebrequin. Le repère fixe se trouve sur le bloc cylindres ou sur le carter.

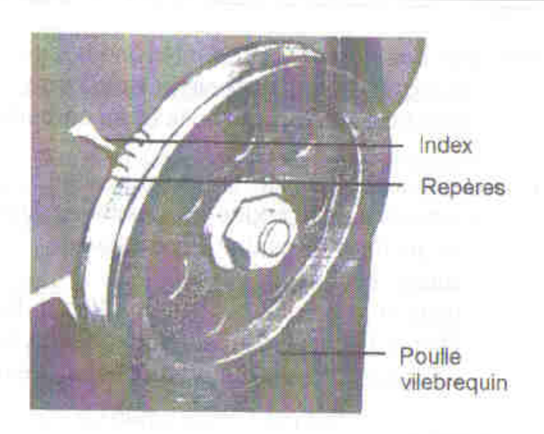


Fig. 20 : Repère mobile sur poulie en bout de vilebrequin.

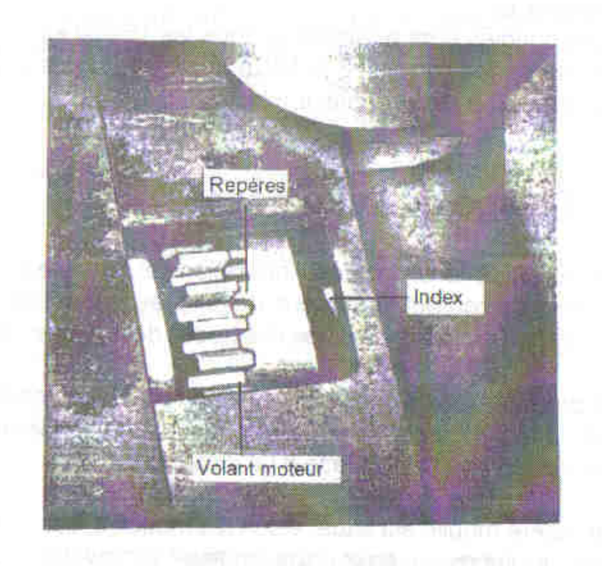


Fig. 21 : Repère mobile sur volant moteur.

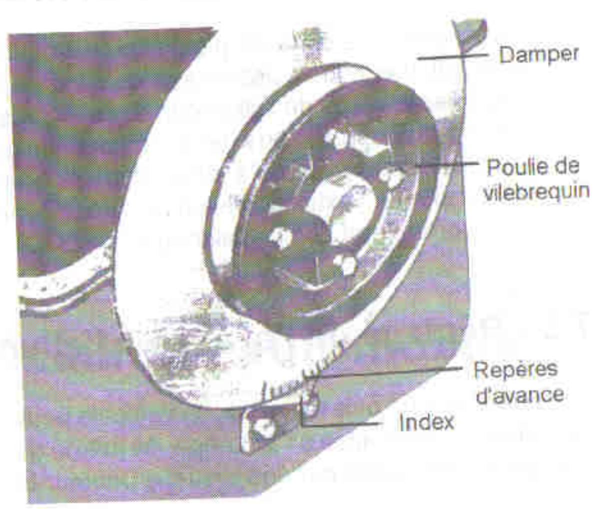


Fig. 22 : Repère mobile sur dumper.

Pour tourner un moteur sans le démarrer, trois cas de figure peuvent se présenter :

1 - ***transmission automatique*** : tourner avec une clé le boulon de blocage de la poulie en bout de vilebrequin. Si ce boulon n'est pas accessible, donner de brefs coups de démarreurn, après avoir débranché l'un des fils de la bobine et mis la boîte de vitesse en position neutre.
2 - ***transmission manuelle*** : reprendre la démarche précédente ou pousser sur la roue du véhicule.
3 - ***forte cylindrée*** : démonter les bougies et tourner le vilebrequin à la main.

La deuxième étape concerne les réglages électriques. Elle s'exécute, moteur à l'arrêt, à l'aide d'une lampe témoin placée entre la masse du véhicule et la borne marquée «RUP» ou «—» de la bobine. La procédure de réglage est la suivante :

1 - desserrer avec une clé plate l'écrou bloquant l'embase de l'allumeur, juste assez pour qu'il tourne librement ;
2 - tourner le corps de l'allumeur, dans le sens de rotation du doigt du rupteur, en le tenant solidement par la capsule à dépression, jusqu'à obtention du point exact de basculement extinction/allumage de la lampe témoin;
3 - resserrer l'embase de l'allumeur (DELCO).

7.5 - Réglage de l'avance à l'allumage

Le manque de puissance sur un véhicule peut être attribué à une trop faible avance à l'allumage, de même qu'une avance trop grande se traduit par des cliquetis (moteur bruyant).

Dans l'opération de calage de l'allumage, nous avons vu que la première étape consistait à aligner deux repères en face l'un de l'autre.

Pour réduire ou augmenter l'avance à l'allumage, il suffit donc de mettre le repère mobile de quelques degrés (2 ou 3 au maximum) en avance ou en retard sur l'index fixe et de refaire le calage de l'allumage.

Chapitre 7

L'éclairage automobile

1 - Propagation de la lumière

Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite.

On appelle miroir tout corps capable de réfléchir de la lumière.

Un faisceau lumineux qui rencontre un miroir plan est réfléchi sous un angle égal à celui de l'incidence.

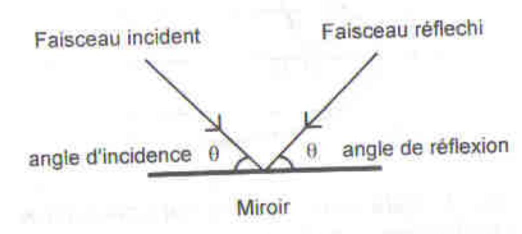


Fig. 1 : Réflexion de la lumière par un miroir plan.

On appelle parabole toute courbe dont les points sont équidistants d'un point fixe appelé *FOYER* et d'une droite dite droite directrice.

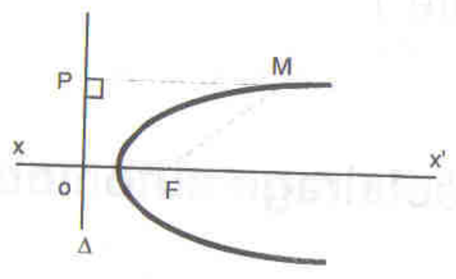


Fig. 2 : La parabole.

F : Foyer
Δ : droite directrice
xx' : axe de la parabole
P' : projection orthogonale de M sur (Δ)

Un faisceau lumineux dont la source est le foyer d'un miroir parabolique est réfléchi parallèlement à l'axe de la parabole.

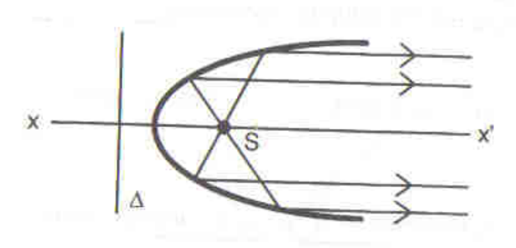


Fig. 3 : Réflexion par un miroir parabolique d'un faisceau lumineux dont la source est au foyer de la parabole.

2 - L'éclairage automobile

La lumière émise par un projecteur d'automobile doit éclairer la route et le bas côté, suffisamment loin devant le conducteur, pour que ce dernier voie tous les obstacles qui se dressent sur la route assez tôt pour les éviter, mais il ne faut pas non plus que l'intensité de cet éclairage gêne les autres automobilistes.

La réglementation en matière d'éclairage automobile exige la présence, sur tous les véhicules, de deux types de faisceaux d'éclairage :

- ***l'éclairage route*** : utilisé quand la voie est dégagée dans les deux sens de la circulation. Il est caractérisé par un faisceau de très forte intensité.

- ***l'éclairage code*** : utilisé en présence de plusieurs usagers sur la route. Cet éclairage, aussi dit de croisement, doit révéler au conducteur tous les obstacles sur une distance de 25 à 80 mètres devant lui, sans pour autant éblouir un conducteur situé à la limite de ce champ (80 mètres).

3 - Les projecteurs

Un projecteur d'automobile est le dispositif qui permet l'éclairage sur la route d'un véhicule. Il est essentiellement composé de :

- ***un bloc optique*** : comporte un miroir parabolique, une glace et un porte-lampe. Les trois éléments sont maintenus ensemble par une porte (enjoliveur) fixée au cuvelage.

- *une lampe* : de formes et de tailles diverses, c'est elle la source lumineuse.

- *un connecteur* : relie la lampe au circuit électrique du véhicule.

- *un cuvelage* : encastré dans la carrosserie et supporte le bloc optique.

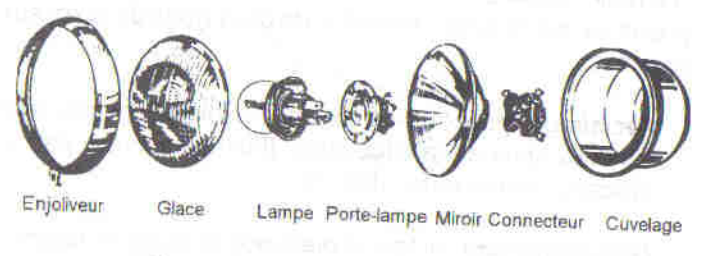


Fig. 4 : Vue éclatée d'un projecteur.

4 - Les lampes

Les lampes utilisées en éclairage automobile sont de 2 types :

- les lampes à incandescence ;
- les lampes à halogènes.

4.1 - Les lampes à incandescence

Un filament en tungstène, porté à incandescence par passage d'un courant, constitue l'essentiel d'une lampe à incandescence.

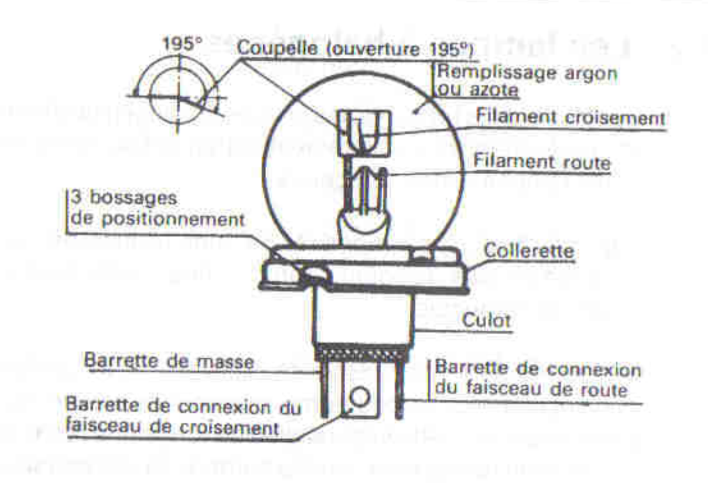


Fig. 5 : Structure d'une lampe route-code à incandescence.

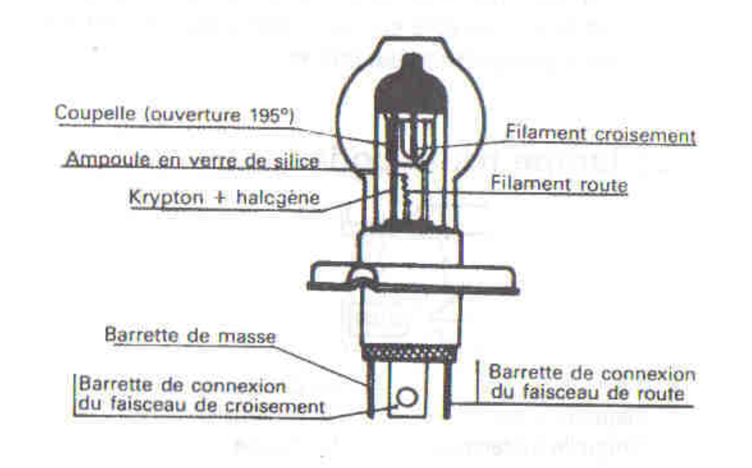


Fig. 6 : Structure d'une lampe route-code à halogène.

4.2 - Les lampes à halogènes

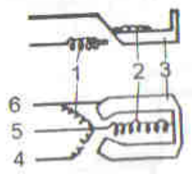
Plus petites et plus robustes, les lampes à halogènes offrent aussi des performances d'éclairement nettement supérieures à celles des lampes à incandescence.

La particularité de ces lampes réside dans l'emploi de gaz rares de la famille des halogènes (brome, fluor, iode) pour le remplissage de l'ampoule.

Dans une lampe à incandescence classique, le tungstène se vaporise et constitue, à long terme, une couche sombre sur le verre de l'ampoule. Cette vaporisation du tungstène réduit la durée de vie de la lampe et la couche sombre qu'elle entraîne atténue son éclairement.

Dans une lampe à halogènes, le tungstène, en se vaporisant, se combine au gaz halogène renfermé dans l'ampoule pour former une molécule instable qui, au contact du filament, se décompose pour y déposer le tungstène.

4.3 - La lampe route-code



1 - Filament route
2 - Filament code
3 - Coupelle métalique
4 - Connexion route
5 - Connexion code
6 - masse

Fig. 7 : Structure d'une lampe route-code.

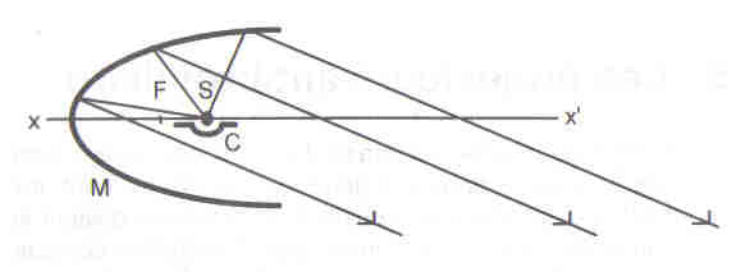
Qu'elle soit à incandescence ou à halogène, une lampe route-code comporte deux filaments, utilisés, l'un pour l'éclairage route et l'autre pour l'éclairage code.

Le filament route est en forme de V, alors que le filament code, contenu dans une coupelle, est rectiligne et se trouve en avant et légèrement surélevé par rapport au filament route.

4.4 - Le chemin optique du faisceau route

La lampe route-code est placée dans le bloc optique, de telle sorte que le filament route coïncide avec le foyer du miroir parabolique. Ainsi placé, la portée du faisceau est maximale, car tous les rayons sont réfléchis parallèlement à l'axe parabolique.

4.5 - Le chemin optique du faisceau code



M : Miroir parabolique
C : Coupelle
S : Source (filament)
F : Foyer de la parabole

Fig. 8 : Réflexion par un miroir parabolique d'un faisceau lumineux dont la source est en avant du foyer de la parabole.

Le filament est placé en avant du foyer du miroir parabolique; position qui, combinée à l'ouverture de la coupelle, oriente le faisceau vers le bas.

La forme du faisceau code dépend de l'angle d'ouverture de la coupelle.

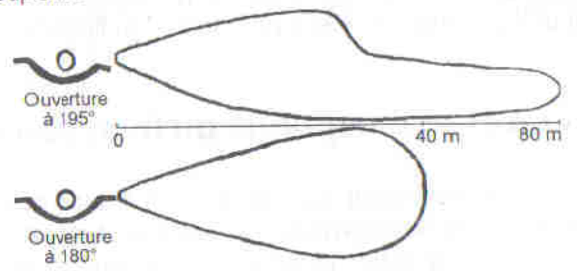


Fig. 9 : Aspect du faisceau code en fonction de l'ouverture de la coupelle.

Les lampes à coupelle à 195° permettent une coupure nette du faisceau sur le côté gauche et une meilleure visibilité sur le côté droit.

5 - Les projecteurs antibrouillard

Les projecteurs antibrouillard sont utilisés, comme leur nom l'indique, lorsque le brouillard gêne la visibilité. En effet, les gouttelettes d'eau dont est constitué le brouillard dévient le faisceau lumineux et rendent impossible l'évaluation correcte de la position d'un obstacle sur la route.

Les projecteurs antibrouillard sont des projecteurs à coupure extrêmement nette, placés très bas et réglés parallèlement à la route.

6 - Les feux clignotants

Les feux clignotants sont utilisés pour indiquer aux autres usagers de la route que l'on s'apprête à prendre le prochain virage. Ils sont au nombre de quatre (2 à l'avant, 2 à l'arrière) et sont commandés par un boîtier dit centrale clignotante.

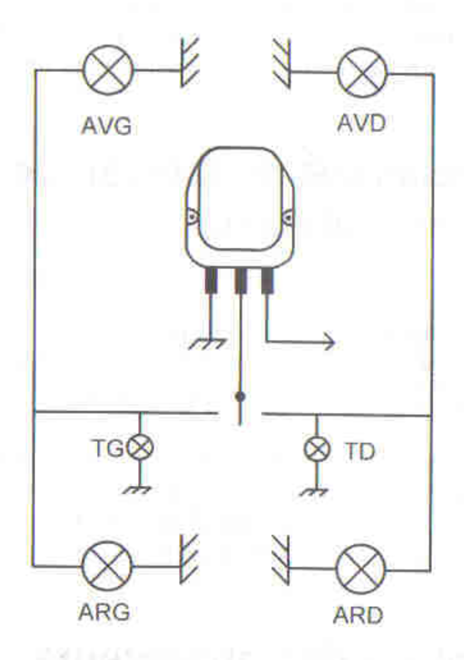


Fig. 10 : Synoptique d'une centrale clignotante.

La centrale allume les clignotants avant gauche et arrière gauche pour signaler un virage à gauche. Pour un virage à droite, ce sont les clignotants avant droit et arrière droit qui sont mis sous tension.

Ces centrales, de plus en plus électroniques, offrent d'autres options telles que le signal de détresse (les quatre lampes clignotent en même temps) et le changement de la fréquence de clignotement lorsque l'une des lampes est endommagée (fréquence normale ~ 80 à 100 clignotements par minute).

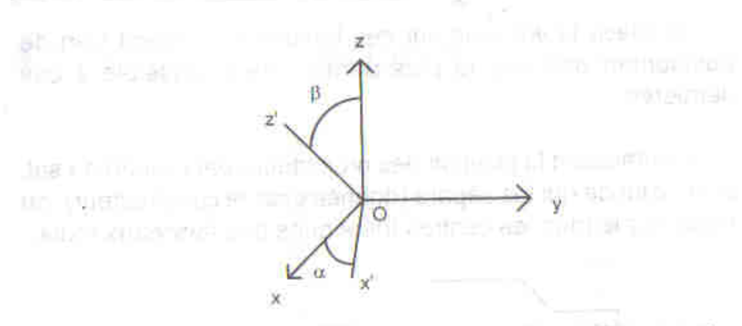
7 - L'éclairage du tableau de bord et de l'habitacle

Une ou plusieurs petites lampes placée(s) derrière le tableau de bord diffuse(nt) suffisamment de lumière pour éclairer les outils de contrôle et de commande du tableau.

L'éclairage de l'habitacle est assuré par de petites lampes sur les montants des portières et qui s'allument lorsque ces dernières s'ouvrent. On trouve aussi une lampe de plafond munie d'un interrupteur de mise sous tension.

8 - Réglage des projecteurs

Le bloc optique d'un projecteur est fixé au cuvelage par trois points, dont deux au moins sont mobiles et permettent la correction de l'assiette du projecteur et la direction du faisceau lumineux.



α : angle de correction de la direction du faisceau par rotation autour de l'axe Oz.

β : angle de correction de l'assiette du projecteur par rotation autour de l'axe Oy.

8.1 - Réglage sans équipement

Tout ce dont on a besoin pour effectuer ces réglages est une surface horizontale plane et un mur qui lui est le plus perpendiculaire possible (un garage répond assez bien à ces exigences).

On trace sur le sol deux bandes parallèles, droites et séparées par une distance égale à celle entre les roues avant (ou arrière).

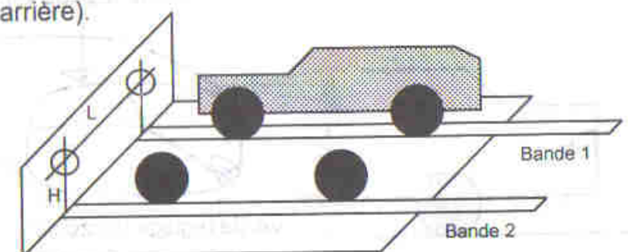
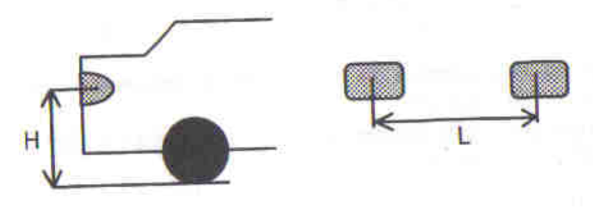


Fig. 11 : Principe de réglage des projecteurs.

On place le véhicule sur ces bandes en prenant soin de positionner son axe le plus parallèlement possible à ces dernières.

Connaissant la position des projecteurs par rapport au sol, et la distance qui les sépare (données par le constructeur), on trace, sur le mur, les centres théoriques des faisceaux route.



H : hauteur par rapport à l'horizontale.
L : espace inter-projecteurs.

Fig. 12 : Réglage des projecteurs.

Après s'être assuré que les pneumatiques sont à la bonne tension et que le véhicule n'est pas chargé, on allume le faisceau route et on vérifie sa position par rapport au centre théorique tracé sur le mur. La correction se fait par action sur les vis de réglage horizontal et vertical.

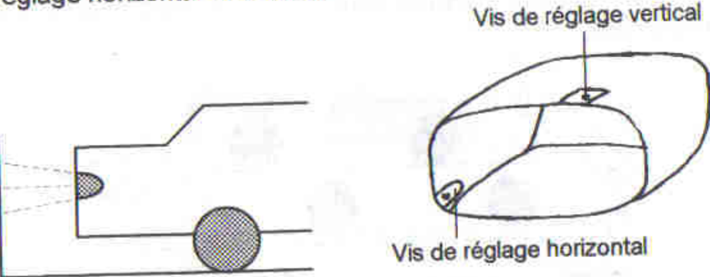


Fig. 13 : Réglage des projecteurs.

8.2 - Réglage au régloscope

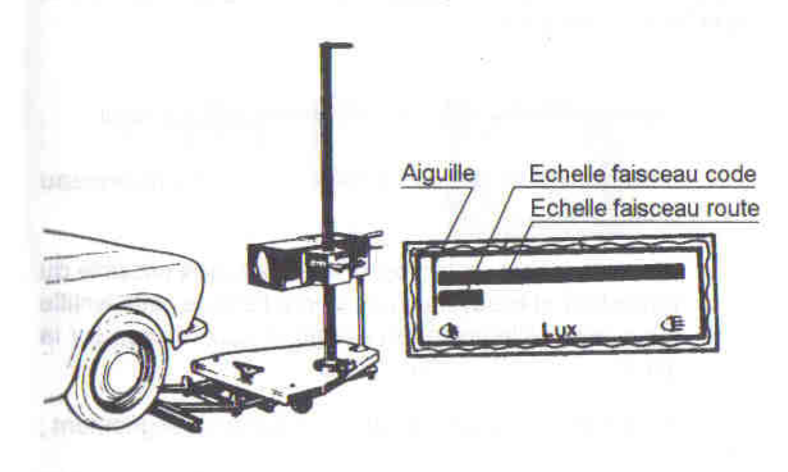


Fig. 14 : Le régloscope et le luxmètre.

Le régloscope est un appareil optique qui permet un réglage extrêmement précis et fiable des projecteurs d'éclairage.

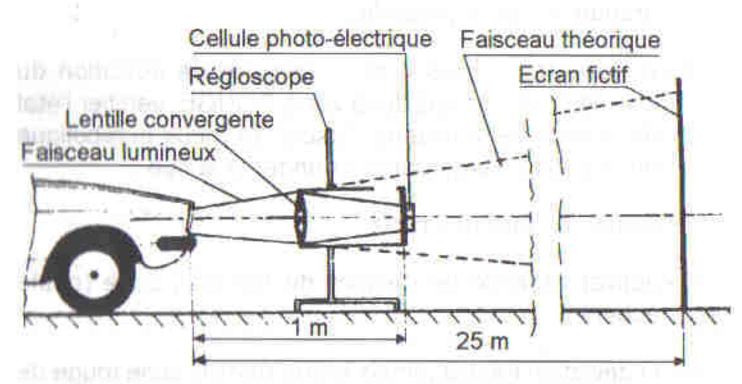


Fig. 15 : Principe de fonctionnement du régloscope.

Le contrôle s'effectue projecteur par projecteur et est toujours précédé par la vérification de la charge du véhicule et de la tension des pneus.

La procédure de réglage suit le cheminement suivant :

1 - placer le régloscope sur l'échelle de mesure du faisceau route ;

2 - placer la lentille du régloscope le plus près possible du projecteur et essayer de confondre l'axe de cette lentille avec celui de la glace (repéré grâce aux rayures sur la glace) ;

3 - reculer le régloscope de 50 cm et parfaire l'alignement ;

4 - allumer le faisceau route. La grande échelle du luxmètre devrait subir une déviation maximale et sortir de la zone ROUGE ;

5 - agir sur la vis de réglage de direction pour avoir la plus grande déviation possible ;

6 - si, lors des étapes 4 et 5, l'aiguille de déviation du luxmètre ne sort pas de la zone ROUGE, vertifier l'état de charge de la batterie, l'usure du miroir parabolique ou, à défaut d'arguments, changer la lampe ;

7 - passer en faisceau code ;

8 - activer l'échelle de mesure du faisceau code (petite échelle) ;

9 - la déviation ne doit jamais entrer dans la zone rouge de la petite échelle ;

10 - par action sur la vis de réglage vertical, régler la coupure du faisceau lumineux de sorte qu'elle soit parallèle (ou confondue) à la coupure de l'écran du *REGLOSCOPE*.



Faisceau code



Faisceau route

Fig. 16 : Positionnement des faisceaux d'éclairage sur l'écran du régloscope.

Chapitre 8

Les accessoires

1 - La planche de bord

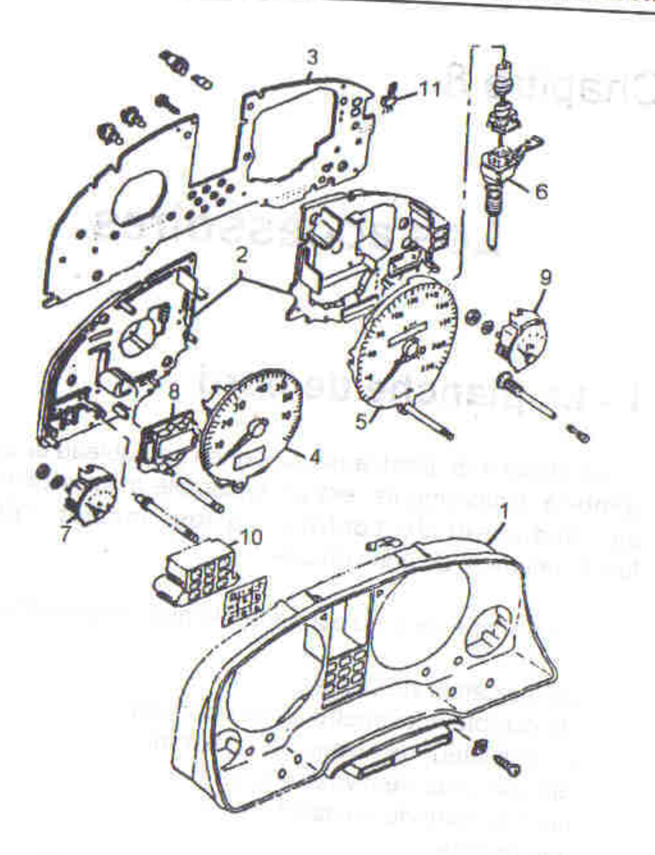
La planche de bord, aussi désignée par tableau de bord ou combiné d'instruments, est un ensemble d'outils permettant au conducteur de contrôler, à tout instant, l'état de fonctionnement de son véhicule.

Une planche de bord est généralement composée de :

- un indicateur de vitesse ;
- un compteur kilométrique ou odomètre ;
- un indicateur de niveau de carburant ;
- un indicateur de niveau d'huile ;
- un indicateur de pression d'huile :
- une montre ;
- diverses lampes témoins (alternateur, clignotant, etc.).

1.1 - Dépose de la planche de bord

Certaines interventions exigeant la dépose de la planche de bord, la démarche à suivre lors de cette opération est la suivante :



1 - Visière
2 - Platine support
3 - Circuit imprimé
4 - Compte-tours
5 - Tachymètre
6 - Transmetteur de tachymètre
7 - Thermomètre d'eau
8 - Montre
9 - Jauge d'essence
10 - Bloc de contrôle
11 - Stabilisateur

Fig. 1 : Eclaté d'un tableau de bord.

- débrancher la borne négative de la batterie ;
- extraire le volant de direction (sur certains modèles de véhicules, il suffit de le basculer vers sa position basse);
- extraire la visière, en introduisant un tournevis de diamètre adéquat dans les fentes latérales prévues à cet effet. (Cette étape est quelque fois précédée par la dépose du cache plastique autour de la visière) ;
- dégager le combiné d'instruments en le tirant vers soi et en prenant bien soin de débrancher les connexions électriques et le câble du tachymètre.

1.2 - L'indicateur de vitesse

L'indicateur de vitesse est composé d'un tachymètre qui donne la vitesse instantanée du véhicule et d'un odomètre qui comptabilise la distance parcourue par le véhicule.

Un câble flexible, relié à la boîte de vitesse, imprime un mouvement rotatif à un axe solidaire d'un aimant permanent. Le courant ainsi induit crée un champ magnétique qui exerce une force sur l'aiguille de l'indicateur de vitesse. La force exercée est de module proportionnel à la vitesse du véhicule. Un ressort de rappel ramène l'aiguille à la position 0 (zéro) lorsque la voiture est à l'arrêt.

Le même axe entraîne dans son mouvement, grâce à un jeu d'engrenages, un système de roues permettant le compte de la distance parcourue par le véhicule. Ce système dit ODOMETRE est conçu de sorte qu'une roue tourne de 36° lorsque celle se trouvant à sa droite effectue un tour complet.

Le défaut le plus fréquent sur cet ensemble est relatif au câble flexible (rupture, désengagement). On remplace à l'identique et l'opération exige la dépose de la planche de bord.

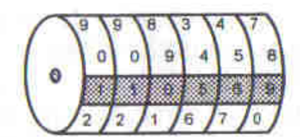


Fig. 2 : Disposition des roues de l'odomètre.

1.3 - Indicateur de niveau de carburant

L'indicateur de niveau de carburant est constitué de deux blocs implantés l'un dans le réservoir et l'autre dans la planche de bord.

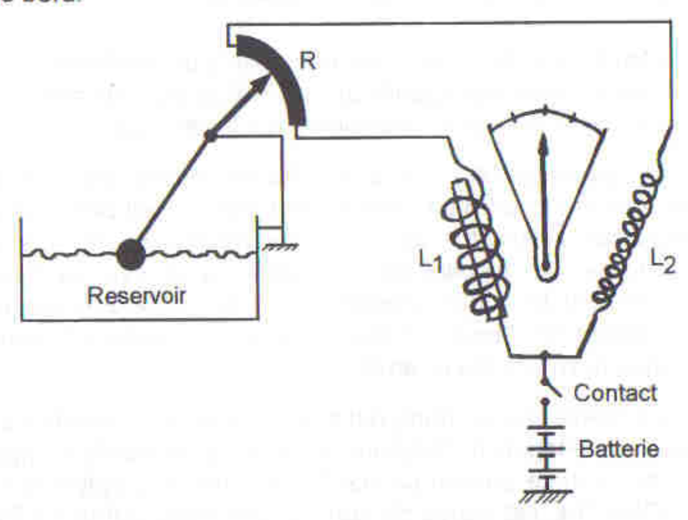


Fig. 3 : Indicateur de niveau d'essence.

Au niveau du réservoir, un flotteur plonge plus ou moins profondément, selon le volume de carburant disponible.

Ce mouvement du flotteur entraîne celui d'une résistance variable R. Selon la valeur de cet angle de rotation, le rappel à la masse du circuit des électroaimants L1 et L2 change et une force électromagnétique est exercée, dans un sens ou l'autre, sur l'aiguille de l'indicateur de la planche de bord.

1.4 - Indicateur de la pression d'huile

Le circuit indicateur de la pression d'huile est très proche de celui du niveau de carburant. En effet, la différence entre les deux réside au niveau de la résistance de rappel à la masse du circuit des électroaimants.

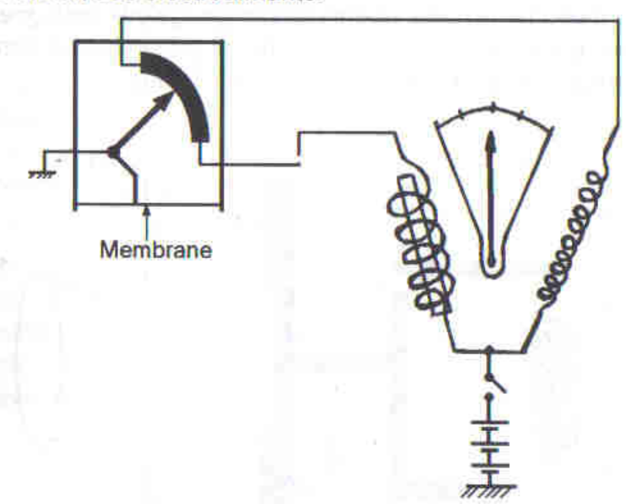


Fig. 4 : Indicateur de pression d'huile.

Une membrane flexible se déforme sous l'effet de la dépression de l'huile, ce qui entraîne la rotation, par rapport à son axe, du contact mobile de la résistance variable.

1.5 - Indicateur de la température de l'eau

L'indicateur de la température de l'eau dans les chemises du système de refroidissement utilise une résistance dite *THERMISTANCE*, dont la valeur change en fonction de la température.

2 - Les Klaxons

Un Klaxon est un avertisseur sonore qui permet la production de sons pour avertir les autres automobilistes des éventuels risques d'accidents (croisement dans un virage de montagne). Il en existe plusieurs types, mais nous ne présenterons dans cet ouvrage que les Klaxons électromagnétiques.

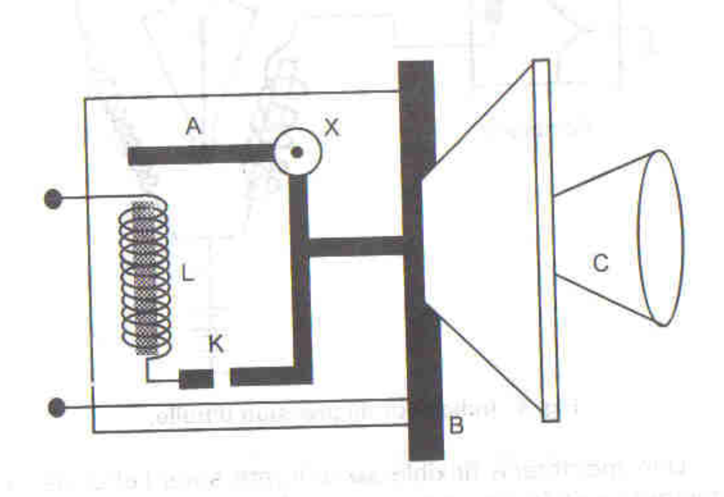


Fig. 5 : Schéma de principe d'un Klaxon.

Initialement, le contact K est fermé. A la mise sous tension de la bobine L, le champ magnétique attire la lame A qui, dans son mouvement de rotation autour de l'articulation X, ouvre le contact K . La bobine n'étant plus alimentée, la lame A revient à sa position de repos, ce qui ferme à nouveau le contact K et le cycle recommence.

Une membrane métallique B est couplée à la lame A et subit un mouvement vibratoire traduit à la sortie des trompes acoustiques C par des variations de la pression de l'air et donc production d'un signal sonore.

3 - Les essuie-glaces

Un essuie-glace a pour rôle principal d'assurer une bonne visibilité sous la pluie. Les gouttelettes d'eau, en s'amassant sur le pare-brise, gênent le conducteur et limitent son champ de vision, ce qui rend leur élimination plus qu'indispensable si l'on veut éviter l'irréparable.

Un essuie-glace est essentiellement composé d'un moteur électrique, d'un bras et d'une raclette. Le mouvement de gauche à droite du bras et de la raclette est assuré par le moteur électrique via un dispositif mécanique de conversion de mouvement.

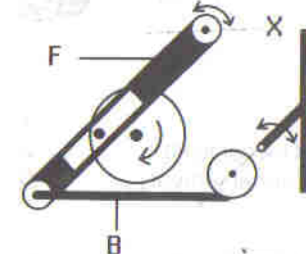
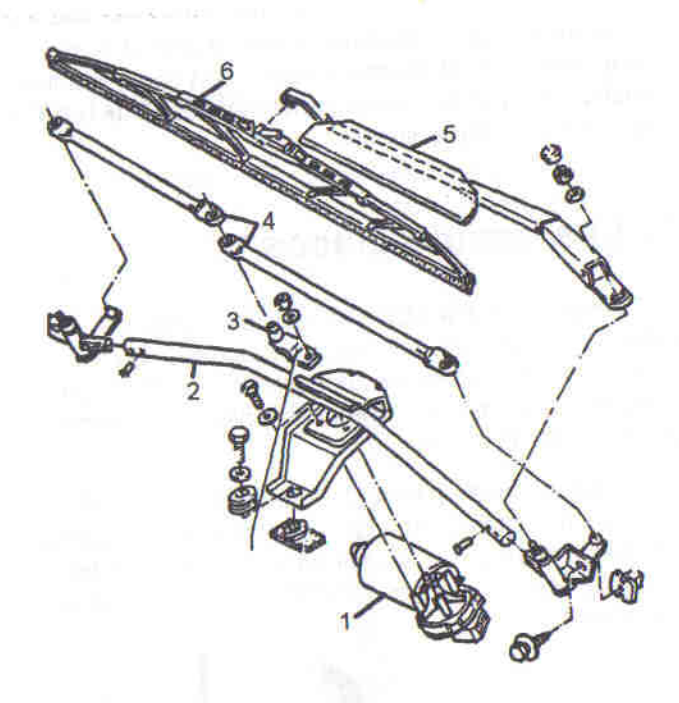


Fig. 6 : Mécanisme d'essuie-glace.

Dans son mouvement de rotation, le moteur imprime un mouvement de va-et-vient à la fourchette F (Fig. 6) autour de l'axe X. Une bielle B, articulée à l'extrémité libre de la fourchette, communique ce mouvement au bras de l'essuie-glace et à la raclette.



1 - Moteur
2 - Support mécanisme
3 - Bielle d'entraînement
4 - Tringles
5 - Bras
6 - Raclette

Fig. 7 : Eclaté d'un essuie-glace.

4 - Les lave-glaces

Un lave-glace facilite le travail d'un essuie-glace lorsque le pare-brise est rempli de boue. Son rôle est donc de projeter de l'eau sur le pare-brise pour diluer les saletés qui y siègent. Il se compose d'un moteur électrique qui commande une turbine placée dans le réservoir d'eau.

5 - Les lève-glaces

Un lève-glace est composé d'un moteur électrique, d'un circuit de commande du sens de rotation et d'un dispositif de coupure de l'alimentation du moteur en fin de course.

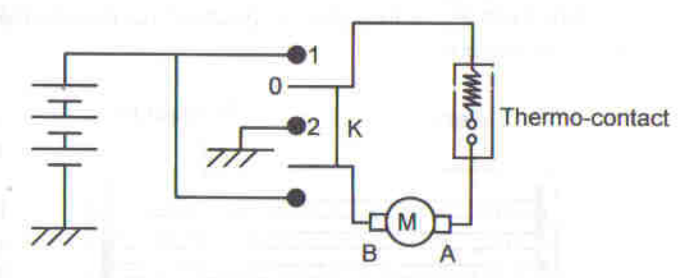


Fig. 8 : Mécanisme d'un lève-glace.

Lorsque l'interrupteur est en position "0", le moteur électrique n'est pas alimenté et ne tourne donc pas.

Interrupteur en position 1, la borne A du moteur est reliée au plus (+) de la batterie et la bobine B à la masse.

Interrupteur en position 2, la borne A du moteur est reliée à la masse et la borne B au plus (+) de la batterie.

En fin de course, le courant qui circule dans le moteur augmente; le thermocontact chauffe par effet Joule et coupe l'alimentation.

6 - Le chauffage de la lunette arrière

La lunette arrière est la grande glace arrière qui permet au conducteur de voir ce qui se passe juste derrière son véhicule.

En hiver et par temps de froid, la différence de température de l'air, entre l'intérieur et l'extérieur du véhicule, recouvre les vitres d'une buée qui empêche une visibilité correcte.

Cette buée, peu gênante sur les vitres latérales et supprimée du pare-brise par les essuie-glaces, pose un sérieux problème sur la lunette arrière.

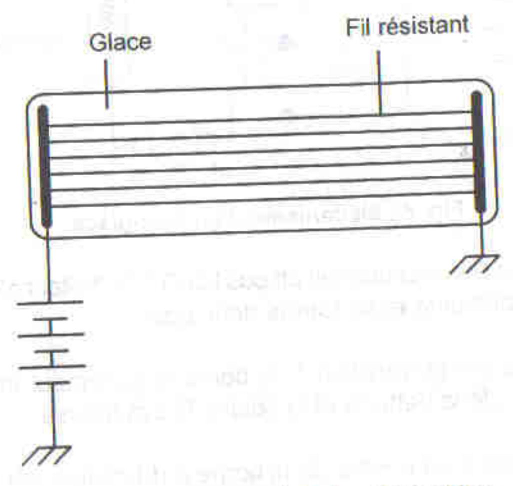


Fig. 9 : Chauffage de la lunette arrière.

La parade à cet état de fait réside dans l'implantation sur la surface de cette glace de résistances chauffantes sous forme de fils fins et parallèles.

7 - La boîte à fusibles

Fusible est un mot qui qualifie tout objet susceptible de fondre. Fusible est aussi le nom d'un composant électrique qui fond lorsqu'il est traversé par un courant de forte intensité. C'est un dispositif de protection contre les surintensités.

La majorité des montages électriques et électroniques comportent des fusibles. On les retrouve dans les circuits d'éclairage, de lève-vitre, de climatisation, de planche de bord, de pompe à injection, etc.

Un fusible est caractérisé par deux grandeurs : la tension et l'intensité de fusion. On ne peut donc remplacer un fusible que par son identique

La boîte à fusibles réunit tous les fusibles du véhicule et se trouve, selon les modèles, dans la doublure d'aile avant gauche, à gauche du compartiment auvent ou sous la planche de bord. Elle contient entre 14 et 25 fusibles et parfois même quelques-uns de rechange.

Les fusibles étant des éléments de protection, ils sont donc les premiers à suspecter en cas de panne du véhicule. Avant de remplacer un fusible, il faut toujours bien lire sa tension et son intensité de fusion et de *NE JAMAIS COURT-CIRCUITER SES BORNES* par du papier aluminium.

8 - La climatisation

Par climatisation, on entend le chauffage de l'intérieur du véhicule lorsqu'il fait froid et son rafraîchissement par un temps de chaleur. Un climatiseur comporte donc deux blocs : un bloc pour réchauffer l'air et un autre pour le refroidir.

La climatisation d'hiver comporte un moteur électrique entraînant un ventilateur. L'air froid aspiré par ce dernier est réchauffé au contact du radiateur, puis redirigé vers l'intérieur de l'habitacle.

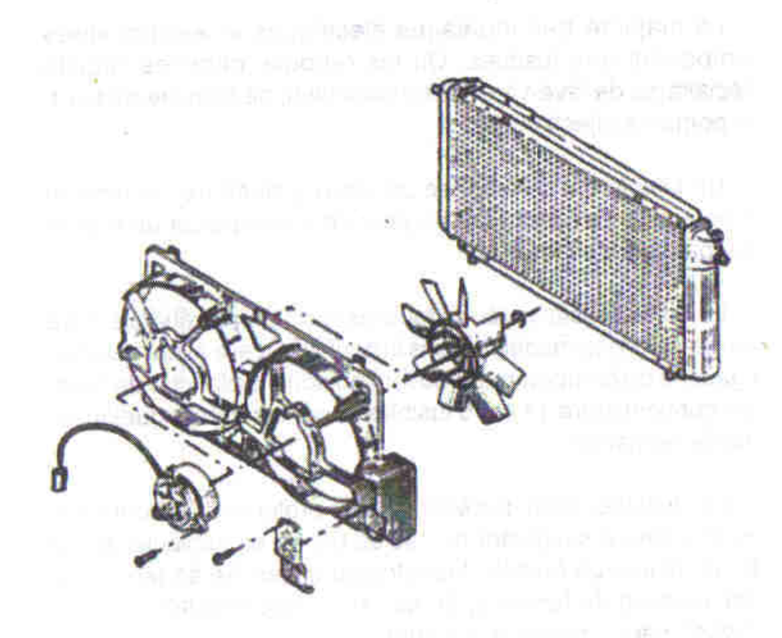


Fig. 10 : Principe de la climatisation d'hiver.

La climatisation d'été est basée sur le refroidissement de l'air au contact d'un circuit de canalisation, où circule un réfrigérant dit FREON.

Le dispositif de climatisation d'été comprend un compresseur qui fixe la température d'ébullition du Fréon en variant sa pression. A grande pression, le Fréon se réchauffe et passe à l'état gazeux (à froid, le Fréon est liquide). Ce gaz est ensuite envoyé dans le circuit de canalisation, où il se détend et passe à l'état liquide. Ce changement d'état s'accompagne par l'absorption de la chaleur de l'air ambiant. Cet air refroidi est ensuite redirigé vers l'intérieur de l'habitacle par un ventilateur.

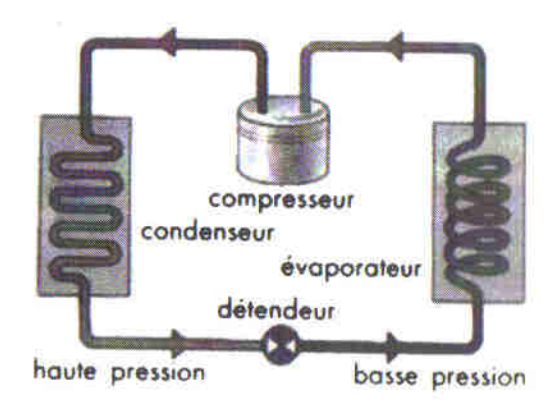


Fig. 11 : Principe de la climatisation d'été.

L'automobile est une nécessité des temps modernes, is ce qui l'est encore plus est de connaître son ctionnement et la conduite à tenir devant...



... une batterie qui donne des signes de faiblesse ;



... un alternateur qui charge mal ;

... un delco qui saccade l'avance du véhicule ;



t des accessoires qui n'apportent pas tout le confort qu'on attend d'eux.

*Par le verbe et l'image, **ÉLECTRICITÉ TOMOBILE** tente de démystifier l'essentiel des rices de ce joyaux qu'est l'automobile.*

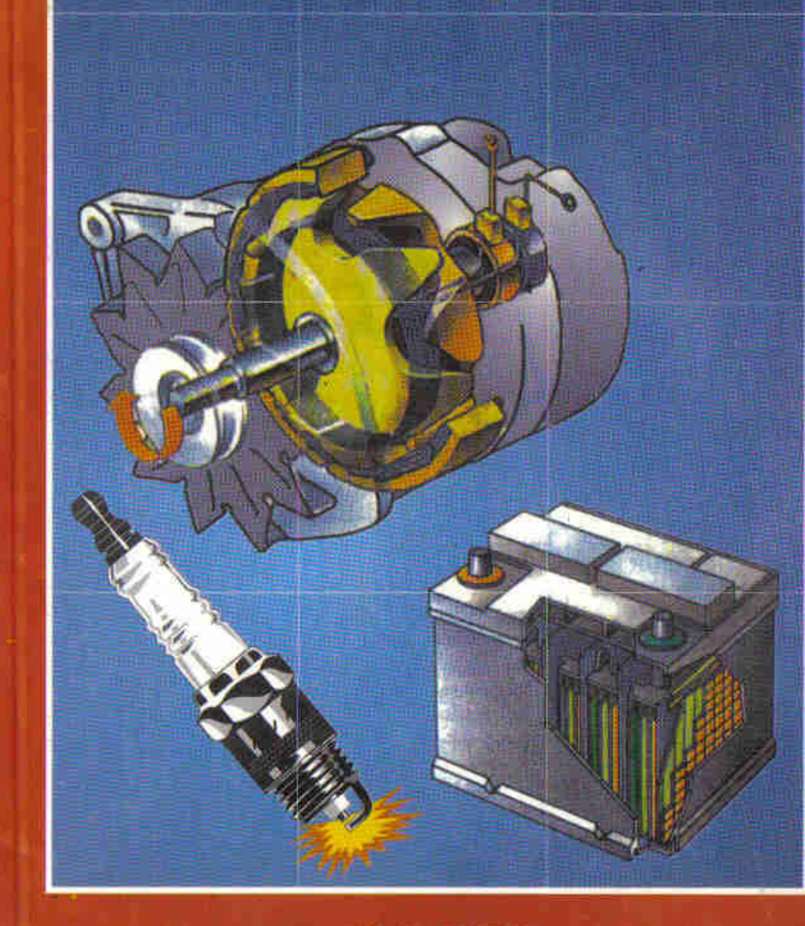
D. BENABDESSELA

ELECTRICITE AUTOMOBILE

E.D.C. Ω

D. BENABDESSELAM

ÉLECTRICITÉ AUTOMOBILE



E.D.C. OMEGA